

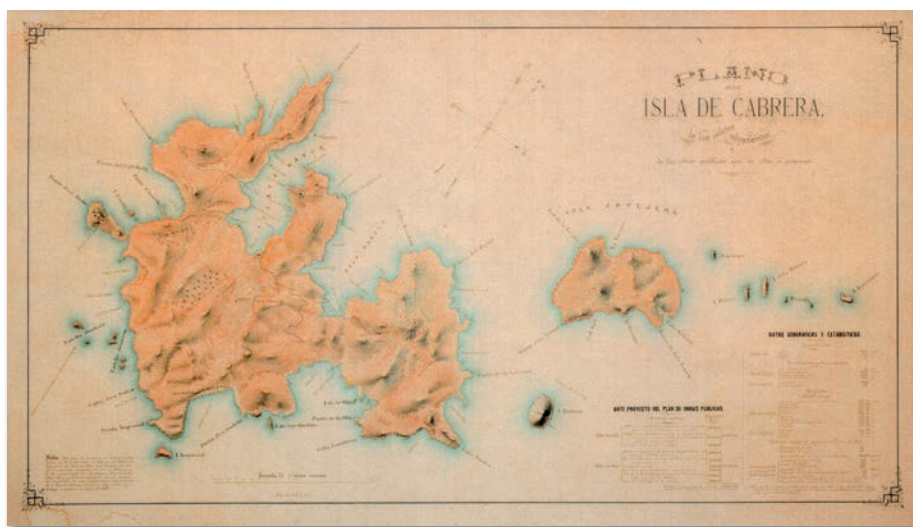
ARXIPÈLAG DE CABRERA HISTÒRIA NATURAL

Antoni M. GRAU, Joan J. FORNÓS, Guillem MATEU,
Pere A. OLIVER, Bàrbara TERRASA
(Editors)



Societat d'Història
Natural de les Balears

Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 30



ARXIPÈLAG DE CABRERA

H I S T Ò R I A
N A T U R A L

Antoni M. Grau, Joan J. Fornós, Guillem Mateu,
Pere A. Oliver, Bàrbara Terrasa
(Editors)



SHNB
Societat d'Història Natural de les Balears



G CONSELLERIA
O EDUCACIÓ, UNIVERSITAT
I RECERCA
I B DIRECCIÓ GENERAL
POLÍTICA UNIVERSITÀRIA
I RECERCA



Universitat
de les Illes Balears



ARXIPÈLAG DE
CABRERA
PARC NACIONAL
MARÍTIMO TERRESTRE
PATRONAT

Grau AM, Fornós JJ, Mateu G, Oliver PA, Terrasa B (2020) Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5

Coberta: Port de Cabrera Gran.
Foto de Rafael Blanc i disseny de Intothevoid Studio

Frontispici: Plànol de l'arxipèlag de Cabrera, 1897 (Museu Militar de Sant Carles)

Primera Edició: Octubre, 2020

© **Dels textos:** els autors, 2020

© **D'aquesta edició:**



Disseny i maquetació: INTOTHEVOID STUDIO

ISBN: 978-84-09-23487-5

Dipòsit Legal: PM 761-2020

ARXIPÈLAG DE CABRERA

H I S T Ò R I A
N A T U R A L

Editors

Antoni M. GRAU
Joan J. FORNÓS
Guillem MATEU
Pere A. OLIVER
Bàrbara TERRASA

INTRO- DUCCIÓ

L'abril de 1991 l'arxipèlag de Cabrera, juntament amb una zona marina circumdant va ser declarat Parc Nacional. Aleshores, la Societat d'Història Natural de les Balears, amb l'ajut del Consejo Superior de Investigación Científica (CSIC) i de l'Editorial Moll, va promoure la publicació, en el 1993, de la Monografia **Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera**, on els editors (Josep Antoni Alcover, Enric Ballesteros i Joan J. Fornós) aconseguiren aplegar bona part de la informació naturalística, *sensu lato*, que llavors hi havia sobre l'arxipèlag en un volum que fou, i encara ho és, una fita fonamental per a conèixer Cabrera i el seu entorn.

L'any 2016 es va celebrar el 25^e aniversari de la declaració del Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera i una sèrie de persones vinculades a la ciència i a la conservació, agrupades a l'entorn de la Societat d'Història Natural de les Balears, vàrem considerar que era oportú fer una nova monografia sobre l'arxipèlag de Cabrera, tant per a commemorar i reivindicar aquella fita com per a documentar el que havia canviat, o no, a Cabrera després de la declaració com a Parc. Un altre motiu fou donar a conèixer nova informació relativa a l'entorn marí del Parc que nodris d'arguments científics una ampliació d'aquest, cosa que a dia d'avui ja s'ha produït.

No es pretén fer una revisió de la Monografia de 1993, atès que no té sentit reescriure els aspectes descriptius geogràfics i morfològics o els inventaris taxonòmics i bionòmics que allà hi són i que,

tanmateix, encara ara són una referència. El que es pretén és, per una banda, descriure millor l'entorn marí que envolta el Parc i, per una altra, tractar els aspectes dinàmics quant al funcionament ecològic dels sistemes naturals, en especial els lligats a la gestió i la conservació, i els usos, actuals i històrics, de l'espai protegit. No ho hem aconseguit totalment i alguns aspectes, com les praderies de fanerògames o la gestió de conservació, finalment no han pogut ser abordats de forma satisfactòria. Tampoc la primera Monografia va ser tan extensa com s'havia concebut inicialment, així que consideram que això és una circumstància inherent a aquest tipus de publicacions. En qualsevol cas, suposa una contribució generosa, però no desinteressada, de 93 autors diferents, que consideram que la gestió de la Naturalesa i, per extensió, del Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'Arxipèlag Cabrera (PNMTAC), s'ha de basar en el coneixement científic.

El llibre s'organitza en tres blocs o capítols, dividits cadascun d'ells en articles. El primer bloc és relatiu al Medi Físic i està format per set articles (fisiografia i geomorfologia, relleu submarí, climatologia, context oceanogràfic, geologia i història del coneixement geològic). N'ha estat l'editor el Dr. Joan J. Fornós (Universitat de les Illes Balears). El segon bloc, del qual són editors el Dr. Pere A. Oliver (Patronat del PNMTAC) i Antoni M. Grau (Societat d'Història Natural de les Balears), està dedicat als Sistemes Naturals Marins i és el més extens. Està compost per tretze articles (comunitats pelàgiques, bentos infralitoral, peixos de l'infralitoral, nacres,

coves submergides, fons durs circalitorals, fons sedimentaris circalitorals i batials, pesca de ròssec, fons blans i profunds, catxalots, dofins i altres mamífers marins i gestió de la pesca artesanal). El tercer bloc, sobre els Sistemes Naturals Terrestres, ha estat editat pels Drs. Guillem Mateu (Universitat de les Illes Balears) i Bàrbara Terrasa (Direcció General de Política Universitària i Recerca). Està compost per onze articles (canvis de la vegetació, biodiversitat dels illots, mixomicets i funga, líquens, plantes destacables, endemismes invertebrats, sargantanes, aus, ecosistemes subterranis, quiròpters i aspectes històrics).

Aquest llibre mostra molt del que s'ha après d'ençà de la declaració del Parc Nacional en 1991, però també de l'impuls i renovació que aquest ha suposat per a les ciències naturals: només 10 dels 93 autors que han contribuït en aquest volum participaren en el primer, entre d'altres raons per la seva joventut. Hi ha nombroses novetats destacables, de les que poc o res se sabia aleshores, com, per exemple, la descripció de detall del relleu submarí, els inventaris de la biota fúngica i líquènica de Cabrera, els processos de retenció i exportació larvària o la descripció de la població de catxalots que habita l'entorn del parc. També hi ha una interessada dedicació a l'efecte del temps i de la protecció sobre el medi natural, amb la descripció de com han evolucionat, per exemple, la vegetació terrestre, les poblacions de peixos litorals, l'avifauna o la pesca artesanal. Finalment, també ens indica que encara hi ha molts d'aspectes per descobrir, tant pel que fa en l'àrea marina de la recent

ampliació del PNMTAC com en la gestió sostenible dels recursos naturals.

Per acabar, volem manifestar el nostre agraïment a totes les persones que han contribuït a la realització d'aquesta monografia. En primer lloc als autors de l'obra, tant els que han participat com els que, per una raó o un altre, finalment no ho han pogut fer. Tots van respondre amb il·lusió i rapidesa quan se'ls va convocar, allà en 2017, i després han tingut una paciència i tenacitat lloables.

Tampoc podem oblidar l'administració del Parc i el Govern de les Illes Balears (GOIB). Com ja hem dit al principi, aquest llibre no és una iniciativa del PNMTAC, però no hauria estat possible sense el suport que aquest ha donat a la majoria d'autors per dur a terme les seves recerques. Pel que fa al GOIB, i sense oblidar que una part significativa dels autors en són funcionaris, el llibre compta amb la contribució econòmica de la Direcció General de Política Universitària i Recerca, sense la qual mai no s'hauria publicat.

Finalment, la Societat d'Història Natural de les Balears, i en particular el seu Secretari, que ha estat particularment resilient i ens ha encoratjat per tirar endavant amb la tasca.

Palma, Nadal de 2020.

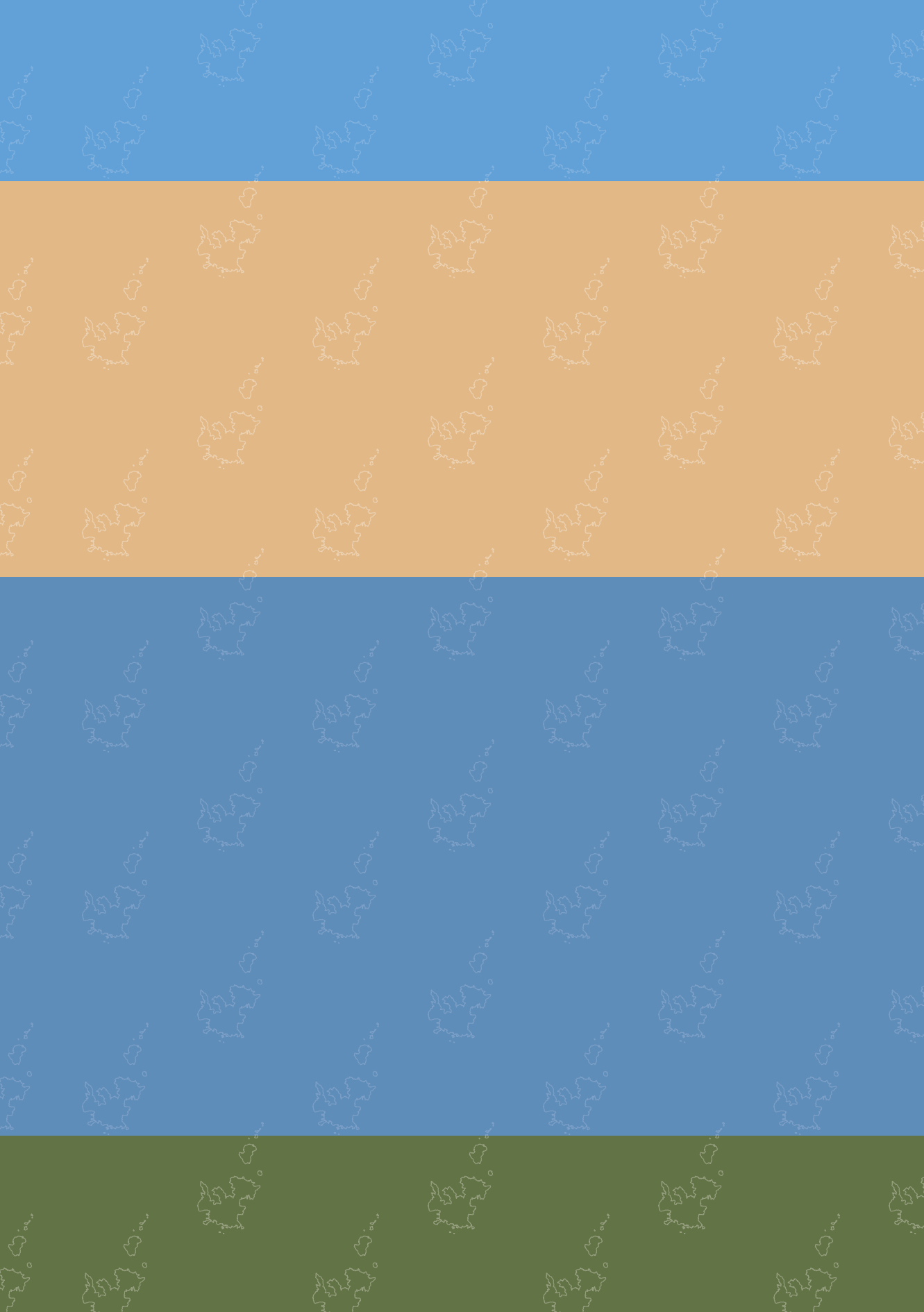
Els Editors

ÍNDEX ALFABÈTIC D'AUTORS

Aguilar, Ricardo
Alemany, Iris
Alemany, Francesc X.
Álvarez, Elvira
Álvarez, Itziar
Álvarez, Helena
Álvarez-Berastegui, Diego
Amblàs, David
Aspillaga, Eneko
Balbín, Rosa
Ballesteros, Enric
Barón, Alfredo
Bassitta, Marta
Bibiloni, Gabriel
Blanco, Jorge
Brotons, José María
Calafat, Antoni M.
Canals, Miquel
Carbonell, Magdalena
Cardona, Lluís
Cebrián, Emma
Cerdà, Margalida
Coll, Josep
Coma, Rafel
Deudero, Salud
Deyá, Miguel José
Díaz, David
Fernández de Puellas, Mari Luz
Ferrà, Carme
Fiol, Lluís A.
Fornós, Joan J.

García, David
García, Silvia
Garrabou, Joaquim
Gelabert, Bernadí
Giménez, Jordi
Ginés, Àngel
Ginés, Joaquín
Gómez-Pujol, Lluís
Gomis, Damià
Grau, Antoni M.
Guijarro, Beatriz
Guijarro, José A.
Jansà, Agustí
Joher, Sergi
Jordà, Gabriel
Lastras, Galderic
Linares, Cristina
López, Borja
López-Sendino, Paula
Macías, David
Martín, Melissa
Massutí, Enric
Mayol, Joan
Mena, Catalina
Moranta, Joan
Ordines, Francesc
Muntaner, Jordi
Muñoz, Anabel
Pasqual, Catalina
Pérez-Cembranos, Ana
Pérez-Mellado, Valentín

Pieras Sagardoy, Javier
Pinedo, Susana
Pons, Guillem X.
Quetglas, Antoni
Ramon, Cori
Ramón, Montserrat
Rebassa, Maties
Reglero, Patricia
Rendell, Luke
Reñones, Olga
Rita, Juan
Rivera, Jesús
Rodríguez, José María
Rodríguez-Perea, Antonio
Rodríguez-Prieto, Conxi
Ruiz, Mauricio
Sàbat, Francesc
Salom, Joan C.
Sant, Natàlia
Seguí, Jaume
Serrano, Alberto
Siquier, Josep L.
Terrasa, Bàrbara
Traveset, Anna
Tomas, Fiona
Torres, Asvin P.
Trujillo, Domingo
Valls, Maria
Vázquez-Luis, Maite
Verdura, Jana



ÍNDEX

EL MEDI FÍSIC

Fisiografia i geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera.....	17
Joaquín Ginés i Lluís Gómez-Pujol	
El relleu submarí del Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera.....	45
Miquel Canals, Galderic Lastras, Jesús Rivera, David Amblàs i Antoni M. Calafat	
Climatologia de l'arxipèlag de Cabrera.....	83
Agustí Jansà i José A. Guijarro	
Context oceanogràfic de l'illa de Cabrera.....	101
Damià Gomis, Gabriel Jordà, Rosa Balbín, Olga Reñones, Maite Vázquez	
L'arxipèlag de Cabrera dins del context tectònic del Mediterrani Occidental.....	131
Bernadí Gelabert, Antonio Rodríguez-Perea, Francesc Sàbat, Jordi Giménez	
La geologia de l'arxipèlag de Cabrera: estratigrafia i estructura tectònica. Una síntesi.....	139
Joan J. Fornós, Alfredo Barón	
Introducció a la història de l'evolució del coneixement geològic de l'arxipèlag de Cabrera i la seva cartografia geològica.....	157
Joan J. Fornós, Alfredo Barón, Borja López	

SISTEMES NATURALS MARINS

Comunitats pelàgiques i estudis sobre processos de exportació i retenció larvària a l'entorn del Parc Nacional Marítim-Terrestre del arxipèlag de Cabrera (PNMTAC).....	175
Francesc X. Alemany, Asvin P. Torres, Patricia Reglero, Catalina Mena, Mari Luz Fernández de Puellas, Rosa Balbín, Diego Álvarez-Berastegui, Itziar Álvarez, David Macías, Melissa Martín, Carme Ferrà, Maria Valls i José María Rodríguez	
El bentos dels fons infralitorals.....	217
Enric Ballesteros, Emma Cebrián, Natàlia Sant, Fiona Tomas, Conxi Rodríguez-Prieto, Paula López-Sendino i Susana Pinedo	
Els peixos del fons durs infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera. Efectes dels 25 anys de Parc Nacional.....	243
Josep Coll, Olga Reñones, Joan Moranta, Diego Álvarez-Berastegui i Lluís Cardona	
Històries d'èxit després de 25 anys de protecció: el cas de <i>Pinna nobilis</i> i <i>Pinna rudis</i>.....	277
Maite Vázquez-Luis, Elvira Álvarez i Salud Deudero	
Les coves submergides de l'arxipèlag de Cabrera.....	299
David Díaz, Enric Ballesteros, Emma Cebrián, Eneko Aspillaga i Anabel Muñoz	
Els fons circalitorals: coral·ligen i avellanó.....	319
Enric Ballesteros, Emma Cebrián, Fiona Tomas, Ricardo Aguilar, Cristina Linares, Rafel Coma, David Díaz, Jana Verdura i Joaquim Garrabou	
Comunitats necto- i epi-bentòniques dels fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'arxipèlag de Cabrera: inventariat, caracterització i evolució temporal.....	337
Enric Massutí, Maria Valls, Francesc Ordines, Sergi Joher, Montserrat Ramón, Beatriz Guijarro i Antoni Quetglas	

La pesca de ròssec al voltant de l'arxipèlag de Cabrera.....	375
Beatriz Guijarro, Francesc Ordines, Catalina Pasqual, Maria Valls, Antoni Quetglas i Enric Massutí	
Fons blans i profunds a Cabrera i voltants.....	393
Ricardo Aguilar, Alberto Serrano, Silvia García, Helena Álvarez i Jorge Blanco	
El catxalot (<i>Physeter macrocephalus</i>) a l'àmbit del Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera.....	425
Luke Rendell i José Maria Brotons	
El dofi mular (<i>Tursiops truncatus</i>) i altres espècies de cetacis a Cabrera: una Assignatura Pendent.....	443
José María Brotons i Margalida Cerdà	
La gestió de la pesca artesanal a Cabrera: passat, present i perspectives de futur.....	465
Margalida Cerdà, José María Brotons i Antoni M. Grau	

SISTEMES NATURALS TERRESTRES

Canvis de la vegetació de l'illa de Cabrera al llarg del temps.....	493
Juan Rita, Mauricio Ruiz, Gabriel Bibiloni i Anna Traveset	
Els illots de l'arxipèlag de Cabrera: refugis de biodiversitat.....	513
Anna Traveset i Juan Rita	
Els mixomicets i la funga del Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera.....	535
Joan C. Salom i Josep L. Siquier	
Líquens i fongs líquenícoles.....	559
Lluís A. Fiol	
Les plantes destacables del Parc Nacional de Cabrera.....	577
Jaume Seguí, Juan Rita i Anna Traveset	
Endemismes invertebrats terrestres de l'arxipèlag de Cabrera.....	591
Javier Pieras Sagardoy i Guillem X. Pons	
La sargantana balear a Cabrera: un experiment evolutiu.....	635
Ana Pérez-Cembranos, Valentín Pérez-Mellado, Bàrbara Terrasa, Iris Alemany, Marta Bassitta i Cori Ramon	
Què ha canviat i què hem après en el segle XXI de les aus de Cabrera.....	665
Magdalena Carbonell, Joan Mayol, Jordi Muntaner i Maties Rebassa	
Els ecosistemes subterranis del subarxipèlag de Cabrera.....	697
Àngel Ginés	
Contribució a l'actualització de l'inventari de la fauna quiropterològica de l'arxipèlag de Cabrera.....	711
David García i Domingo Trujillo	
Cabrera: l'illa supervivent.....	723
Miguel José Deyá	





EL MEDI FÍSIC

FISIOGRAFIA I GEOMORFOLOGIA DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Joaquín Ginés

Grup de Recerca de Ciències de la Terra,
Departament de Biologia,
Universitat de les Illes Balears, Palma.

jginesgracia@yahoo.es

Lluís Gómez-Pujol

Grup de Recerca de Ciències de la Terra,
Departament de Biologia,
Universitat de les Illes Balears, Palma

lgomez-pujol@uib.cat

Ginés, J. i Gómez-Pujol, LL. (2020). Fisiografia i geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Es presenten les característiques fisiogràfiques així com els paràmetres topogràfics i hipsomètrics de l'arxipèlag de Cabrera, a partir d'informacions cartogràfiques recents i actualitzades. El substrat geològic, sobre el que han actuat diversos sistemes d'erosió i modelat en el fil del temps, està majoritàriament integrat per roques carbonàtiques mesozoiques, afectades per l'estructuració alpina neògena. La geomorfologia de les terres emergides s'aborda des d'una òptica pluricausal, que tracta de complementar les informacions disponibles fins a l'actualitat amb indicadors i dades quantitatives. El modelat litoral òbviament té caràcter d'ubiquïtat a tot l'arxipèlag; hi predominen les costes espadades que amb diferents alçàries agombolen el 75% de la longitud de les línies de costa de totes les illes i illots. La xarxa hidrogràfica superficial és susceptible d'anàlisi exclusivament en el cas de l'illa de Cabrera i la seva jerarquia i morfometria resten mediatitzades per la transgressió holocènica del nivell marí de la Mediterrània. Un modelat càrstic modest completa la trilogia de sistemes morfogenètics implicats en la configuració del relleu actual de Cabrera. En suma, l'arxipèlag de Cabrera ha de ser considerat com a una cruïlla de modelats diversos que, amb el rerefons de la tirania del rocam carbonatat, han anat interactuant entre ells durant la història geològica més recent.

Paraules clau: *Arxipèlag de Cabrera, carst, geomorfologia, modelat litoral, paràmetres topogràfics, xarxa fluvial*

ABSTRACT

New cartographic products and geospatial databases offer the possibility to revisit the physiography and geomorphological quantitative assessment of landforms from the archipelago of Cabrera (Balearic Islands, Western Mediterranean). Different erosion systems and resulting landforms have been operating on a rock basement mainly built up by Mesozoic carbonate rocks, deformed during the Alpine Neogene event. In this paper we provide a set of quantitative indicators and observations that contribute to improve the knowledge on Cabrera landforms, as well as to highlight the pluricausal and concurrent agents in shaping the major landscape forms. Steep rocky coasts that expand along the 75% of the archipelago shoreline characterize coastal landforms. Surficial drainage networks are just properly developed at Cabrera Island and the Holocene sea level history has been mediating their imprint in catchment configuration and morphometry. Karst features are conspicuous but their development is relatively moderate. In summary, in Cabrera Archipelago landforms result from different geomorphic processes and agents that have been operating thorough recent geological time but on a canvas where the major control is exerted by the limestone rock basement nature.

Keywords: *Cabrera archipelago, fluvial network, geomorphology, karst, littoral landscape, topographic parameters*

INTRODUCCIÓ

L'arxipèlag de Cabrera s'emplaça al sud-oest de l'extrem meridional de l'illa de Mallorca i constitueix, de fet, la prolongació dels turons que integren l'alineació muntanyosa de les Serres de Llevant. Aquest conjunt de 19 illes, que inclou també una munió de petits illots i esculls, està separat de la major de les Illes Balears per un canal marítim d'uns 9 km d'amplada (Fig. 1), que abraça des del Cap de ses Salines –punt més meridional de Mallorca– fins a l'illot septentrional de l'arxipèlag de Cabrera, conegut com na Foradada. La disposició de l'arxipèlag es perllonga en direcció S-SW, poc més de 10 km, fins arribar a l'Estell de Fora, illot que marca l'extrem meridional de l'arxipèlag. Les terres emergides de Cabrera es troben integrades en la plataforma continental que engloba totes les Gimnèsies, la qual queda delimitada per la isòbata de 200 m. Val a dir que, encara que es troba davant de les costes del municipi mallorquí de ses Salines, des del punt de vista administratiu Cabrera forma part del terme municipal de Palma.

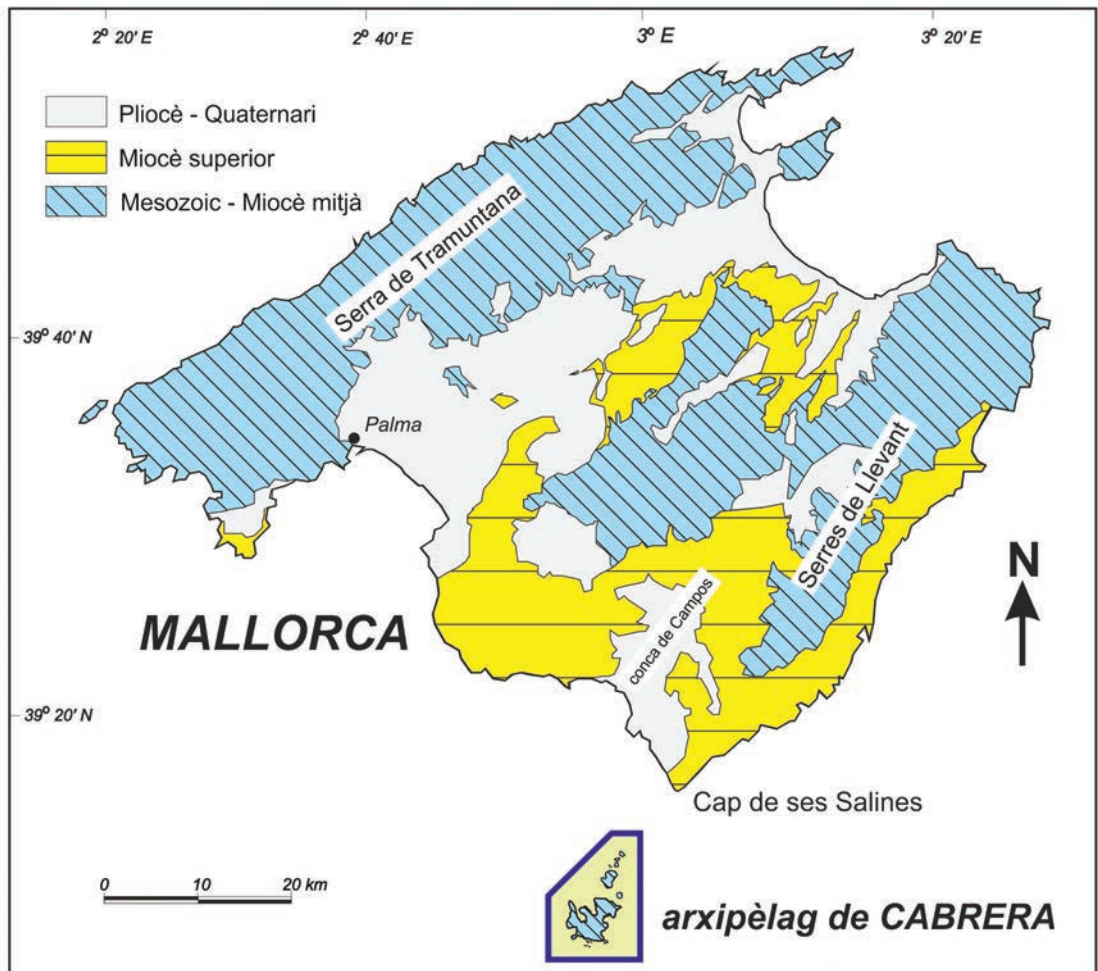


Figura 1 Localització i mapa geològic simplificat.

Aquest singular i excepcional conjunt insular, que per circumstàncies diverses ha romàs al marge del desenvolupament turístic de les Balears, fou declarat Parc Nacional Marítim-Terrestre l'any 1991. La delimitació inicial del parc està compresa entre les coordenades $2^{\circ} 53' 30''$ i $3^{\circ} 00' 00''$ E, pel que fa a la longitud, i entre els $39^{\circ} 06' 30''$ i $39^{\circ} 13' 30''$ de latitud N. L'extensió inicial del parc era de 10.021 ha, que sumaven 1.304 ha de terres emergides juntament amb 8.717 ha de superfície

marina circumdant. Amb l'ampliació de l'àrea marítima del parc en 80.773 ha addicionals –que fou aprovada el febrer de 2019– la seva superfície total assoleix actualment 90.794 ha. Els límits físics dels territoris emergits de l'arxipèlag es reparteixen entre els 2° 54' 49,85" E (penya-segats W de na Picamosques) i els 2° 58' 47,78" E (Punta de Llevant, de na Foradada) i, quant a la latitud, entre els 39° 07' 14,76" N (costa S de l'Estell de Fora) i els 39° 12' 27,46" N (Punta des Bufador, de na Foradada). Fixau-vos que les coordenades facilitades corresponen al sistema de referència geodèsic ETRS89 que, des de 2015, és el sistema oficial a l'Estat Espanyol pel que fa a l'elaboració de productes cartogràfics; com a conseqüència d'aquest canvi de datum geodèsic, les coordenades subministrades en el present treball difereixen lleugerament respecte de les referides a publicacions que ja compten amb alguns anys d'antiguitat (i.e. Servera, 1993).

La bibliografia naturalística sobre l'arxipèlag és molt nombrosa, fet del tot justificat pels altíssims valors naturals de l'indret, al temps que per l'excel·lent estat de conservació dels sistemes naturals. En contraposició, els treballs que s'han ocupat de la fisiografia i la geomorfologia de Cabrera són més aviat escassos, sobre tot si els comparem amb l'atenció que ha rebut la biota representada en els ambients marítics i terrestres del Parc. Sense cap pretensió d'exhaustivitat, convé esmentar unes poques publicacions que suposen una mena de fites pel que fa a descripció de les característiques físiques de l'arxipèlag, moltes d'elles lligades, en definitiva, a la història de la conservació d'aquests territoris insulars. A més de treballs geogràfics primerencs com el de Rosselló-Verger (1964), cal fer referència al llibre editat a la dècada dels noranta del segle passat pel Grup d'Ornitologia Balears (GOB, 1990) per tal de recolzar les iniciatives populars i parlamentàries que portarien a la definitiva protecció de Cabrera. En aquest volum, que té un marcat caràcter divulgatiu i conservacionista la geografia física de l'arxipèlag és tractada de forma sumària. La declaració del Parc Nacional Marítim-Terrestre de Cabrera, l'any 1991, propicià l'elaboració d'una remarcable i voluminosa monografia sobre la història natural de l'arxipèlag i el medi marí circumdant (Alcover *et al.*, 1993), la qual inclou capítols ben detallats sobre la fisiografia, la geomorfologia i la geologia d'aquest conjunt illenc. Cal consignar així mateix la recent publicació d'un volum editat en ocasió del 25è aniversari de la declaració del Parc Nacional (Robledo, 2016); es tracta d'un llibre més aviat luxós i de caire divulgatiu, que conté algunes informacions d'interès sobre els elements del medi físic de l'arxipèlag. Finalment, una menció especial mereix l'excel·lent obra de divulgació geològica elaborada per Martínez-Rius *et al.*, (2018) en dates molt recents.

Centrant-nos en l'objecte d'estudi d'aquest capítol, es pot afirmar que les aportacions efectuades durant les darreres dècades sobre la fisiografia i geomorfologia de Cabrera són molt escasses. Aquest fet condiciona del tot l'enfocament del present treball, ja que no és possible efectuar una revisió de les contribucions recents sobre les esmentades matèries. En conseqüència, el contingut d'aquestes pàgines maldrà per realitzar una caracterització acurada del relleu i la morfologia de l'arxipèlag, que es veurà beneficiada de la disponibilitat d'una cartografia digital relativament recent i amb les possibilitats que això comporta de cara a l'obtenció de dades morfomètriques precises amb relativa facilitat. Així doncs, la finalitat principal d'aquest capítol serà la d'oferir una visió detallada de la fisiografia de Cabrera, recolzada per abundants informacions quantitatives i, també, procedir a una discussió crítica dels coneixements disponibles sobre la geomorfologia de l'arxipèlag.

MATERIALS I MÈTODES

Les dades tant numèriques com qualitatives que han servit per elaborar el present treball, han estat obtingudes majoritàriament a partir de la cartografia més actualitzada d'aquest territori disponible avui en dia, la qual fou ultimada el 2006 per l'*Institut Municipal d'Innovació* de l'Ajuntament de Palma. Es tracta d'un producte cartogràfic generat en format digital mitjançant l'explotació d'un vol analògic d'escala aproximada 1/8.000, realitzat el juny de 1987 pel CECAF (*Centro Cartográfico y Fotográfico, Ejército del Aire*); malgrat tractar-se d'un vol no massa actual, la cartografia obtinguda és totalment vàlida pel que fa a la representació del medi natural en un entorn que es troba de fet molt poc humanitzat. Les imatges aèries analògiques foren escanejades amb una resolució de 20 µm/píxel, utilitzant un escàner fotogramètric. La cartografia digital fou elaborada directament en el format gràfic DGN-v8 de *Bentley Systems*, procedint-se a una restitució fotogramètrica completa a escala 1/2.000, amb una equidistància de les corbes de nivell de 2m. El sistema de referència

geodèsic emprat fou l'ETRS89, que com ja s'ha comentat té caràcter oficial en el nostre àmbit territorial.

La gran majoria dels paràmetres topogràfics i geomorfològics s'han obtingut emprant les eines de l'aplicació de disseny gràfic *MicroStation-v8* (de *Bentley Systems*), les quals han permès l'adquisició àgil de mesures de superfícies i perímetres, el càlcul de variables d'hipsometria, la obtenció d'informacions quantitatives sobre les tipologies de la línia de costa, així com de dades morfomètriques sobre la xarxa fluvial i la seva jerarquització.

Per a l'elaboració d'un mapa de pendents i la derivació dels perfils dels penya-segats, s'ha elaborat un model digital d'elevacions a partir dels núvols de punts LIDAR de 2014 disponibles al *Centro Nacional de Información Geográfica* de l'*Instituto Geográfico Nacional* (IGN), com a part integrant del *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea* (PNOA). A partir dels núvol de punts tridimensionals i dels retorns corresponents a la superfície del terreny, amb un pas de malla mínim de 50 cm/píxel, s'ha generalitzat un model digital d'elevacions (MDE) amb una resolució espacial de 5 m en planta mitjançant la interpolació per triangulació i la inversa de les distàncies de les cotes topogràfiques. A partir del MDE s'ha obtingut el mapa de pendents i s'han extret els perfils de penya-segats amb intervals de 700 m al llarg del perímetre de l'illa de Cabrera.

S'ha disposat, així mateix, d'ortofotografies de Cabrera de l'any 2007, generades dins de la cobertura efectuada pel PNOA-10 (IGN) de les zones urbanes i costaneres de les Balears. Les 28 ortoimatges que cobreixen tot l'arxipèlag, elaborades amb una resolució espacial de 10 cm/píxel, han estat remostrejades a l'*Institut Municipal d'Innovació* de Palma per tal d'obtenir un únic mosaic amb una resolució de 50 cm/píxel.

Quant als aspectes toponímics, per tal d'homogeneïtzar tant com sia possible els noms de llocs i accidents geogràfics en general, s'utilitzarà com a font primordial al llarg d'aquestes pàgines la toponímia proposada en l'acurat treball publicat recentment per Ordinas (2016).

LA TOPOGRAFIA DE L'ARXIPÈLAG

Els territoris que conformen aquest subarxipèlag de les Illes Balears comprenen un total de 19 illes tot formant una mena de reguitzell, orientat en direcció NNE-SSW (Fig. 2), on destaquen quant a les seves dimensions les dues illes majors: l'Illa des Conills (o sa Conillera) i Cabrera pròpiament dita (Taula I). Malgrat aquesta clara dualitat, les mides d'ambdues illes són molt dispars ja que Cabrera assoleix una superfície de 1.139,05 ha, més d'un ordre de magnitud major que l'extensió de l'Illa des Conills amb tan sols 136,21 ha.

Les 17 illes menors de l'arxipèlag tenen superfícies molt reduïdes, compreses entre un mínim de poc més de 0,13 ha (Illa de l'Olló) fins al màxim de 10,38 ha de l'Illa Redona (Taula I). D'aquestes illes menors, la majoria es disposa al voltant de Cabrera Gran, mentre que la resta es concentra bàsicament en la part septentrional de l'arxipèlag. Per altra banda, s'han comptabilitzat un total de 142 illots i esculls, de superfície menor en tots els casos a les 0,1 ha, els quals sumen una superfície molt minsa de tan sols 0,53 ha; gairebé la totalitat d'illots i petits esculls se situen a prop de l'illa major. En el seu conjunt, l'arxipèlag de Cabrera inclou 161 unitats insulars (illes, illots i esculls) que totalitzen 1.303,82 ha de superfície emergida.

Taula I. Paràmetres topogràfics de l'arxipèlag de Cabrera. Font: cartografia digital 1/2.000 elaborada per l'IMI, a partir d'un vol de 1987.

Topònim	Unitats	Superfície (ha)	Altitud màxima (m)	Perímetre (m)	Índex articulació
Cabrera Cabrera Gran	1	1.139,0459	172,80	45.862	3,83
Illa des Conills Sa Conillera	1	136,2120	123,31	7.047	1,70
Illes menors (>0,1 ha) *	17	28,0296			
na Foradada		1,5084	28,90	540	1,24
Illot de na Foradada		0,3519	8,56	271	1,29
Illot Pla		0,7278	7,06	527	1,74
Illa Pobra		2,9328	28,70	971	1,60
na Plana		5,4180	22,82	1.261	1,53
Illa de l'Esponja		0,3170	26,50	309	1,55
Illa Redona / na Redona		10,3779	57,28	1.371	1,20
Illa de l'Olló		0,1293	7,69	221	1,73
Illa des Fonoll		0,3276	14,72	284	1,40
Illot des ses Bledes		0,5110	10,40	417	1,65
l'Imperial		2,5702	76,00	717	1,26
Estell de s'Esclata-sang		0,5491	42,82	556	2,12
es Carabassot		0,4024	38,66	373	1,66
Estell d'en Terra / Estell Xapat		1,0582	47,78	487	1,34
Estell des Coll		0,3604	37,04	343	1,61
Estell de Fora		0,1367	30,78	175	1,34
Illa de ses Rates		0,3509	20,39	252	1,20
Illots i esculls (<0,1 ha) **	142	0,5312			
Total	161	1.303,8187			

* 10 illes menors situades a prop de Cabrera Gran i 7 a la resta de l'arxipèlag

** 136 illots i esculls situats a prop de Cabrera Gran i 6 a la resta de l'arxipèlag

ALGUNS PARÀMETRES TOPOGRÀFICS BÀSICS

Les dades topogràfiques més rellevants d'aquest conjunt illenc apareixen recollides a Taula I, en la qual –de més a més de les superfícies– es detallen les altituds màximes de les distintes illes, així com la longitud dels seus perímetres i l'*índex d'articulació* de la línia de costa. Aquest índex posa en relació el perímetre real de cada illa amb el seu el seu perímetre mínim, el qual correspondria al d'una illa perfectament circular d'identica superfície; l'indicador té com a valor mínim 1 (seria el cas d'un illot totalment circular) i incrementa a mesura que la costa presenta un major grau d'articulació per la presència de badies i/o cales o d'altres irregularitats a mesoescala.

El valors obtinguts per a l'índex d'articulació (IA) són prou significatius (Taula I), ja que oscil·len entre els valors més baixos de 1,20 corresponents per exemple a l'Illa Redona –aquí la toponímia ja ens informa del seu potencialment baix índex d'articulació– i els valors més elevats obtinguts en el cas de l'illa de Cabrera, amb un índex de 3,83. El valor mitjà d'aquest índex se situa en 1,63 fet que evidencia que es tracta en general d'illes de formes relativament compactes, i per tant no excessivament articulades; en el cas de l'Estell de s'Esclata-sang l'índex assoleix un valor de 2,12 que obeeix a l'extrema irregularitat del seu perímetre. Tanmateix cal fer un incís respecte de l'elevadíssima articulació de la línia de costa de Cabrera Gran (IA=3,83), que s'explica per la major extensió en superfície de l'illa i que palesa una important variabilitat lito-estructural i la presència d'una xarxa fluvial relativament ben desenvolupada. Tot plegat es tradueix en un litoral extremadament articulat, amb importants badies i cales, de més a més d'una munió de caps, puntes i altres accidents menors de la línia de costa.

TRETS FISIOGRÀFICS DE LES DUES ILLES MAJORS

No es considera necessari descriure ara les illes menors, donat que la seva fisiografia fou tractada en detall per Servera (1993) i, per altra banda, els seus paràmetres topogràfics actualitzats estan compilats a la Taula I. Tot arrencant un periple marítim a l'Illa des Conills (també coneguda com sa Conillera) es pot afirmar que presenta una topografia més aviat simple, amb un litoral no excessivament articulat on predominen els espadats que guanyen alçada sobretot als vessants occidentals i orientals de l'illa. La màxima altitud es troba desplaçada cap a la vora oriental de l'illa on, a la part superior dels penya-segats de s'Alt des Blanquer, s'assoleixen els 123 m d'altitud. Degut a la seva petita extensió (136,21 ha), no arriba a materialitzar-se una xarxa hidrogràfica més enllà d'algun discret i incipient xaragall.

La topografia de l'illa de Cabrera és molt més complexa i presenta una franja costanera amb nombroses irregularitats que inclouen des de petites cales o entrants, fins a badies de dimensions notables. Malgrat la major extensió superficial de Cabrera (1.139,05 ha), el caràcter litoral del territori és omnipresent ja que la pràctica totalitat de l'interior de l'illa està situada a menys d'un quilòmetre de la línia de costa. En línies generals es poden distingir des del punt de vista fisiogràfic dues parts ben diferenciades, separades per una mena d'istme que, sense depassar els 600 m d'amplada, se situa entre les àmplies badies de Cala Santa Maria, al NW, i de l'Olla cap a llevant (Fig. 3). Aquesta dicotomia topogràfica té molt a veure amb l'estructura geològica de l'illa, aspecte que es comentarà més endavant.

El sector septentrional de Cabrera té una extensió més reduïda i presenta altures més aviat modestes que, a la vora oriental d'aquesta part de l'illa, s'eleven fins als 149 m a tocar dels penya-segats propers al Cap Ventós. Encara que sovintegen les costes espadades, els penya-segats són baixos sobretot en tota la seva façana septentrional; per altra banda, els espadats més remarcables es localitzen en les elevacions que formen el Codolar de Cala Santa Maria, a l'W, així com en les proximitats de l'espectacular prominència calcària del Cap Ventós, a l'E. Les cales –emprant el terme més en un sentit fisiogràfic que no pas en un estrictament geomòrfic (vid. Rosselló, 2005)–, petites i encisadores, són nombroses com és el cas del Caló des Macs, l'Olla i l'Olló, localitzades en la banda sud-oriental d'aquest sector de l'illa, o la Cala Santa Maria pròpiament dita situada en el costat occidental.



Figura 2 Ortofotografia de l'arxipèlag de Cabrera (font: Plan Nacional de Ortofotografia Aèrea, Instituto Geográfico Nacional).

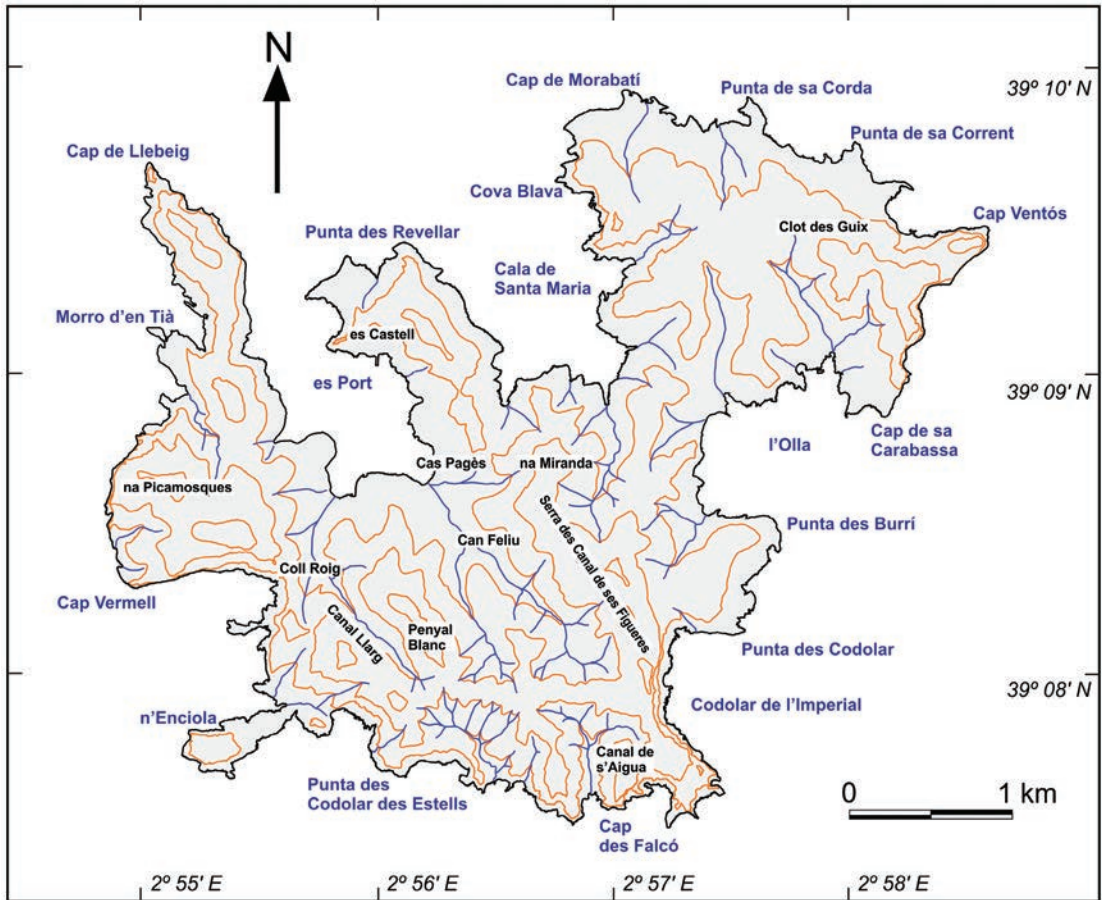


Figura 3 Mapa topogràfic simplificat de l'illa de Cabrera, amb indicació d'alguns topònims rellevants; equidistància de les corbes de nivell: 50 m. (font: Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

El sector sud-occidental de Cabrera Gran comprèn més de dues terceres parts de superfície de l'illa i és on es troben les seves màximes alçades: na Pícamosques (173 m), el Penyal Blanc (169 m) i na Miranda (156 m), entre d'altres. El relleu ve definit, com a mínim, per tres alineacions de turons que s'estenen, si fa no fa, en direcció NW-SE; tot organitzant de forma evident la xarxa fluvial que drena cap a la gran badia d'es Port, on es localitzen algunes platges de dimensions reduïdes. Aquestes alineacions orogràfiques principals, començant des de la costa occidental són: Cap de Llebeig – na Pícamosques – Coll Roig, fins arribar al Codolar dels Estells; el turó allargassat del Penyal Blanc, en una posició central; i finalment l'alineació Punta des Revellar – na Miranda – Serra del Canal de ses Figueres, que arriba fins al Codolar de l'Imperial (Fig. 3). Entre aquests relleus allargassats es disposen els torrents més importants que drenen en direcció NW, concretament el Canal Llarg i el Canal de ses Figueres, el qual compta amb alguns tributaris que descendeixen dels vessants del Penyal Blanc. Les costes són abruptes, amb penya-segats que poden superar els 100 m d'alçada i que resten sotmesos a l'acció processos gravitacionals costaners que han modelat els vessants de tota la façana meridional de Cabrera, des del Cap Vermell fins a la Punta des Burri. El Codolar dels Estells i el Codolar de l'Imperial en són testimonis ben significatius. En aquest vessant sud de l'illa, que inclou les zones de relleu més enèrgic, cal consignar la presència d'algunes xarxes fluvials reduïdes, quant a la seva extensió, però molt ben jerarquitzades i de notable pendent, com és el cas del Canal de s'Aigua (Fig. 3). Així mateix, en aquesta façana meridional destaca la prominència rocosa de n'Enciola –unida a l'illa per un estret istme de 65 m d'amplada i menys de 10 m d'alçada– així com la presència dels illots anomenats els Estells, relacionats amb el processos gravitacionals que caracteritzen aquest vessant de Cabrera.

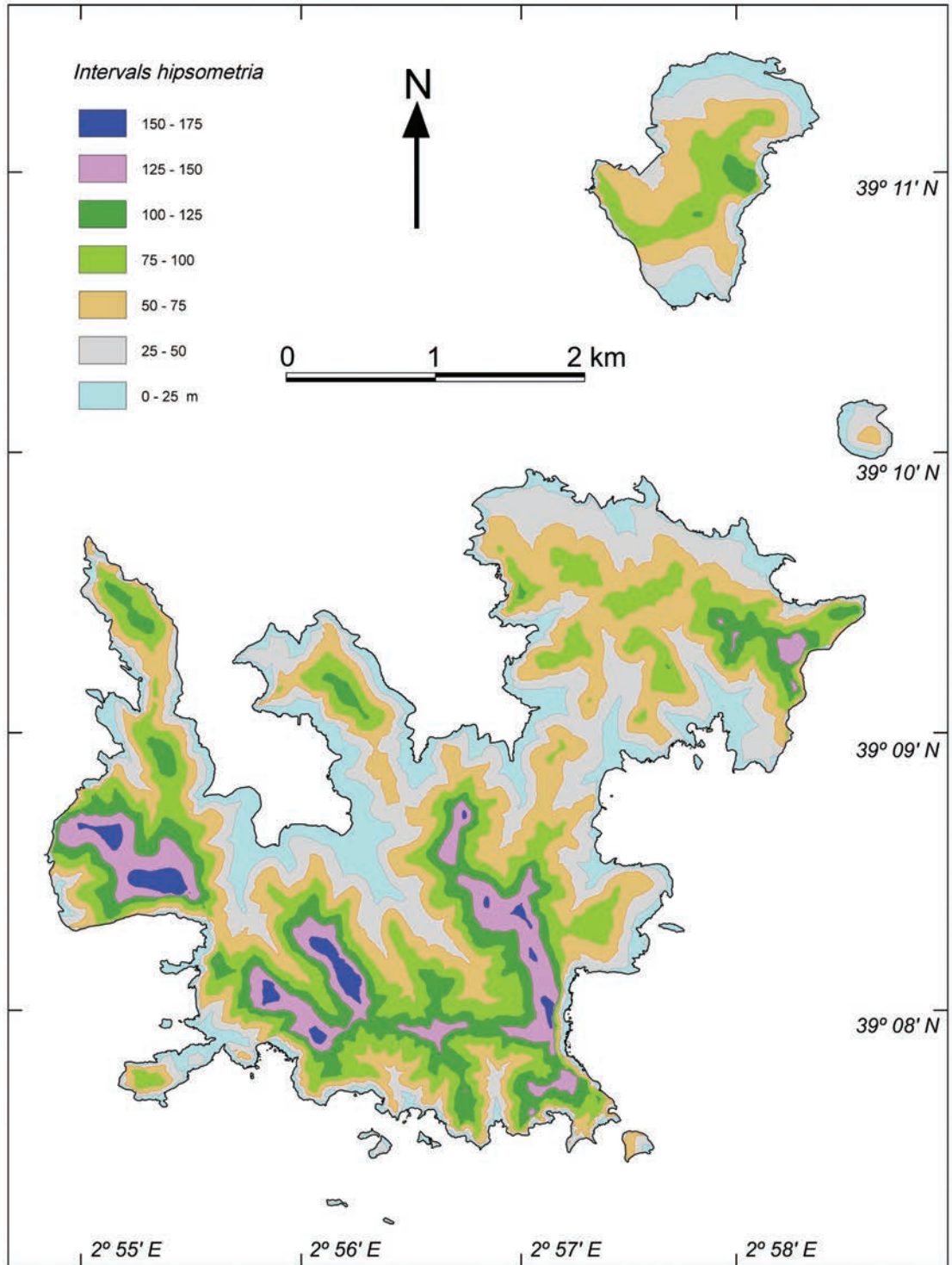


Figura 4 Mapa hipsomètric de les illes majors de l'arxipèlag de Cabrera, confeccionat amb intervals altimètrics de 25 m a partir de la cartografia digital a escala 1/2.000 (font: Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

HIPSOMETRIA

L'anàlisi hipsomètrica s'ha centrat exclusivament en les dues illes majors, tenint en compte les petites dimensions i alçades modestes que mostren la resta de territoris emergits de l'arxipèlag; de fet sols dues de les illes menors superen els 50 m d'altitud (l'Illa Redona, 57 m; l'Imperial, 76 m) i, per tant, l'obtenció de dades quantitatives de la seva hipsometria està mancada de tot interès.

Es presenta un mapa hipsomètric elaborat amb intervals d'altitud de 25 m (Fig. 4), el qual permet capir amb un ràpid cop d'ull els trets destacables del relleu de les principals illes de l'arxipèlag. Pel que fa a Cabrera Gran, es constata la concentració de les màximes altituds en el seu sector sud-occidental on es distingeixen de forma clara les tres alineacions de turons que, amb una direcció NW-SE, articulen el relleu d'aquesta part de l'illa. Així mateix es pot apreciar, a primer cop d'ull, la importància quantitativa de les zones espadades litorals la qual es reflecteix en la menor extensió relativa dels intervals d'altitud més baixos; aquest fet es dona també a l'illa de Conills, que presenta les zones més elevades als seus penya-segats orientals. Les dades numèriques obtingudes a partir del mapa hipsomètric apareixen en la Taula II, on es recullen les superfícies mesurades per als successius intervals altimètrics, i els corresponents percentatges de superfície de cada interval respecte del total de superfície de cadascuna de les illes. Les altituds mitjanes ponderades donen valors de 66 m per a Cabrera, mentre que a l'Illa des Conills l'alçada mitjana és de 53 m.

Taula II. Dades hipsomètriques de les illes majors.

interval altituds	Cabrera		Illa des Conills	
	superfície interval (ha)	%	superfície interval (ha)	%
150-175	12,1506	1		
125-150	78,0180	7		
100-125	133,8299	12	3,6919	3
75-100	209,8910	18	27,2412	20
50-75	276,2333	24	45,1659	33
25-50	260,4537	23	32,1494	24
0-25	168,4694	15	27,9636	21
total	1.139,0459	100	136,2120	100

Una representació comparativa de la hipsometria d'ambdues illes apareix recollida de forma molt diàfana en la Fig. 5, on es pot constatar que en tot dos casos l'interval altimètric que totalitza més superfície és el de 50-75 m, seguit de prop per l'interval de 25-50 m (Taula II); resulta ben evident l'escassa superfície –en termes relatius– de les terres i costes baixes (interval de 0-25 m) sobretot en el cas de l'illa de Cabrera. Aquesta distribució hipsomètrica, que té el màxim modal en l'esmentat interval de 50-75 m, posa en evidència la importància quantitativa dels penya-segats litorals, que assolixen de vegades alçades respectables. Es pot afirmar que els espadats costaners determinen bona part de la fisiografia de Cabrera Gran; aquest fet queda ben patent a la Fig. 6, que mostra un perfil de l'illa projectat des del sud sobre un pla vertical imaginari d'orientació W-E, on les costes espadades resulten del tot cridaneres a ambdós costats de l'illa.

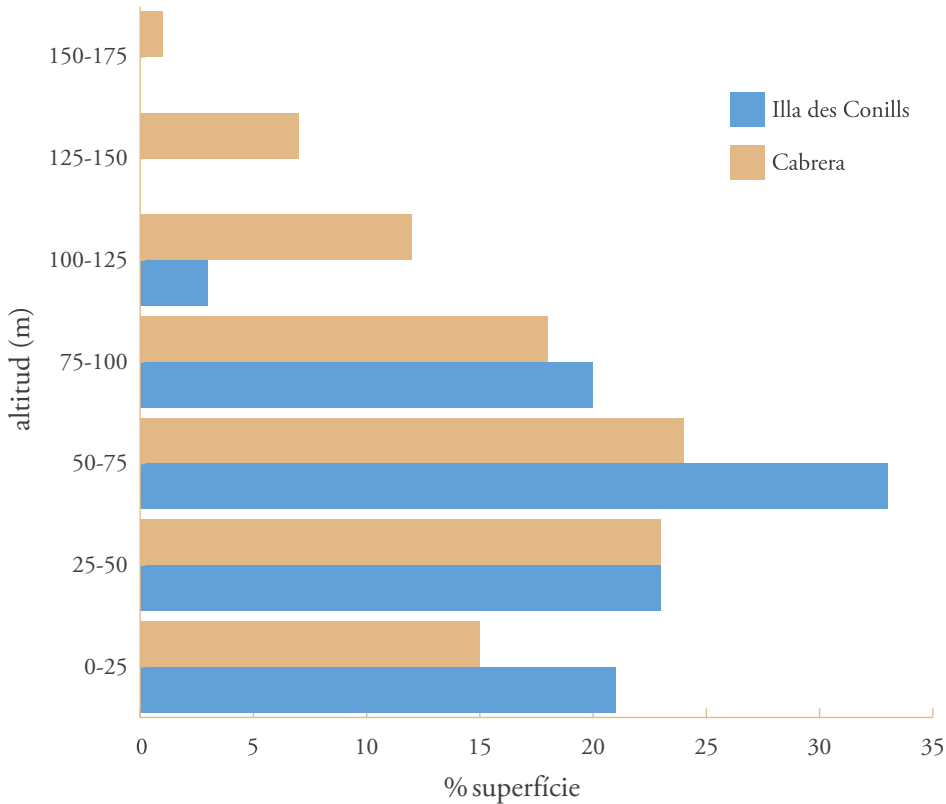
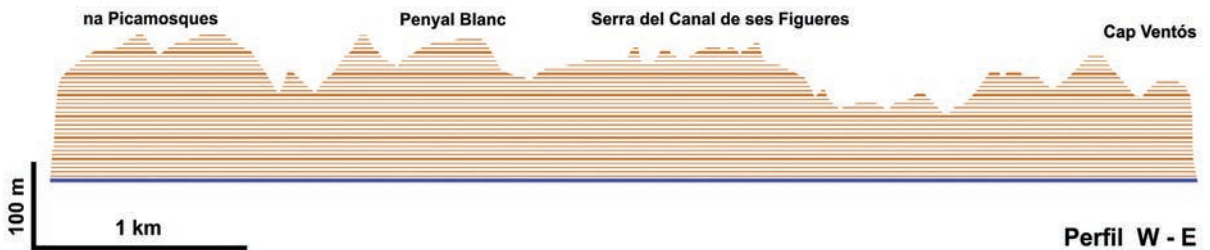


Figura 5 Distribució percentual de la superfície de les dues illes majors, corresponent als intervals d'altitud representats en el mapa hipsomètric de la Fig. 4.

D'altra banda, el mapa de pendents elaborat a partir del núvol de punts LIDAR per a l'illa de Cabrera (Fig. 7) no fa altre cosa que reforçar les observacions evidenciades en l'anàlisi hipsomètrica. Per ventura el mapa de pendents posa de manifest la naturalesa menys abrupta de l'alineació de relleus del sector septentrional de l'illa, respecte dels meridionals. En aquest sentit a la península NE hi dominen pendents entre 6 i 15° i als voltants del Cap des Morobutí, la Punta de Sa Corda i la Punta de sa Corrent els vessants s'ajueuen i es tradueixen en superfícies subhoritzontals, entre 0 i 5°, que Rodríguez-Perea i Servera (1993) han atribuït a rases d'abradió plioquaternàries. Pel que fa a les alineacions de relleus meridionals, els seus vessants amb pendents típicament entre 16 i 30° i a cotes topogràfiques entre 25 i 100 m (Taula III) —que impliquen més d'una tercera part de l'illa— dibuixen unes valls d'aspecte suau llavorades sobre els materials margosos tant del Triàsic, el Juràssic i el Cretaci. Totes elles amb manifestacions modestes de dinàmica de vessants en forma de petits cons de dejecció, algun enderrossall i xaragalls, que no sempre presenten evidències de ser encara actius. Tanmateix dos dels fets que criden més l'atenció, tot i el seu signe oposat, són la presència de replans tot coronant les carenes de les divisòries d'aigües i la concentració dels pendents superiors a 45° a les façanes costaneres (Fig. 7). En el primer dels casos, els replans sembla que estan lligats a controls estructurals, mentre que en d'altres casos corresponen a l'afiorament dels olistòlits del Juràssic (vid. capítols Geologia) com es pot apreciar tant al Cap de sa Carabassa, a Cap Falcó, l'avançada de n'Enciola, la Punta de na Picamosques o la petita península de Cap Llebeig. Un replans que, com es posarà de manifest en successius paràgrafs, coincideixen amb les zones amb un desenvolupament més notori del lapiaz o rascler i altres formes exocàrstiques. L'altre dels trets característics és la naturalesa espadada de la línia de costa, especialment a les façanes oriental, meridional i en menor mesura de ponent, que té una acusada verticalitat entre Cap Ventós i el cap de Sa Carabassa, o de la Punta des Codolar als Estells, o al voltant de tota la Punta de na Picamosques (Fig. 7).

Taula III. Distribució del pendent en funció de l'alçària a l'illa de Cabrera.

	Altura (m)							% total
	0 a 25	25 a 50	50 a 75	75 a 100	100 a 125	125 a 150	> 150	
0 a 5	4,26	1,00	0,49	0,45	0,20	0,20	0,09	6,69
5 a 15	5,35	7,18	6,46	5,24	2,60	2,27	0,66	29,76
15 a 30	4,94	10,40	13,78	10,74	7,41	3,36	0,57	51,19
30 a 45	1,71	1,94	2,15	1,61	0,92	0,38	0,04	8,75
45 a 60	0,83	0,80	0,44	0,28	0,14	0,05	0,01	2,54
60 a 75	0,22	0,30	0,23	0,14	0,08	0,03	0,00	1,01
>75	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06

**Figura 6** Perfil de l'illa de Cabrera projectat des del sud sobre un pla imaginari W-E (exageració vertical: x4).

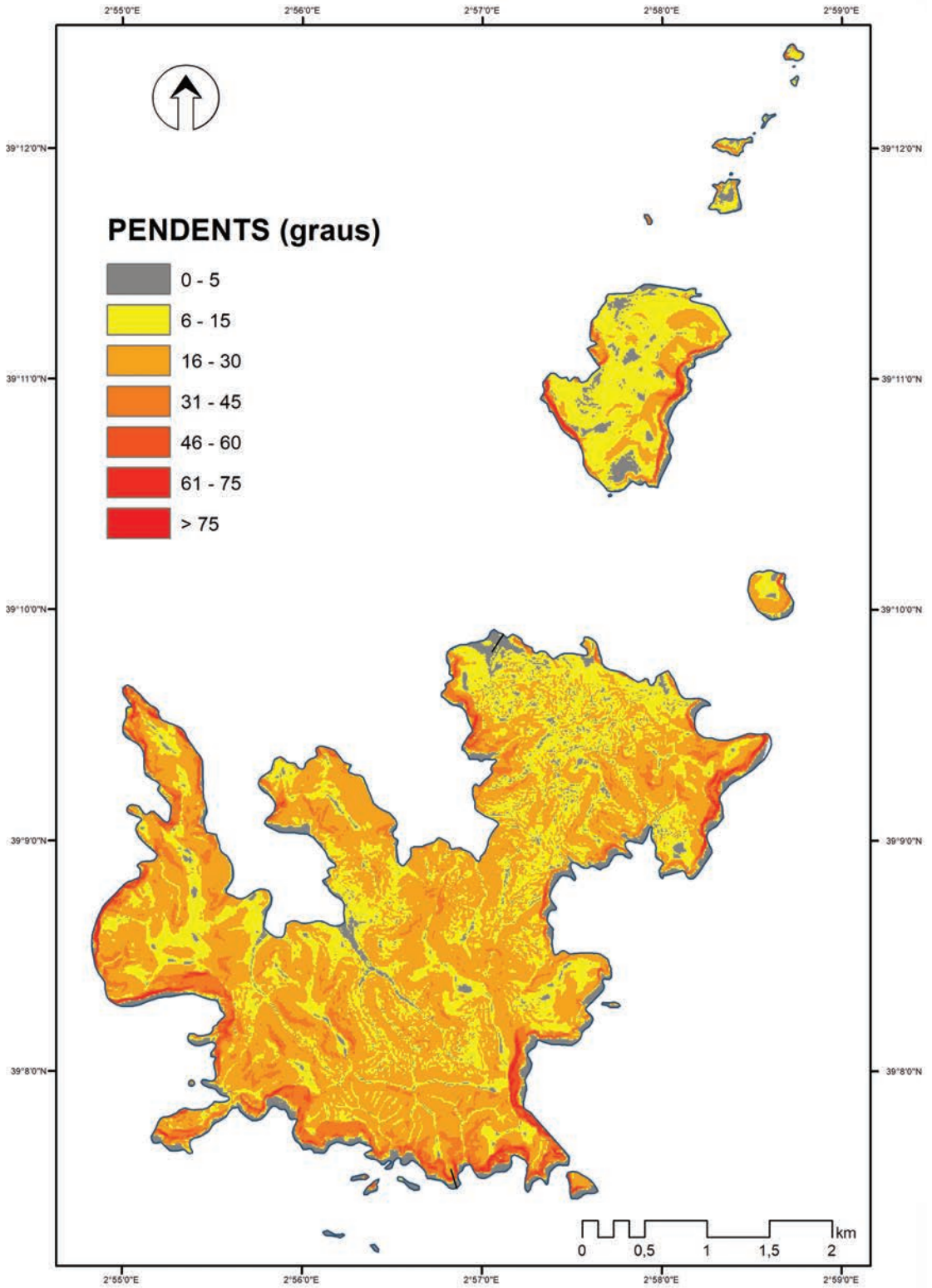


Figura 7 Mapa de pendents de Cabrera confeccionat a partir del núvol de punts LIDAR 2014 de l'IGN.

ELS FACTORS QUE CONDICIONEN EL RELLEU

L'aspecte actual del territori que ens ocupa està del tot determinat pel seu caràcter insular. El mar és omnipresent, començant des del Mesozoic amb la sedimentació en les conques marines del que avui és la Mediterrània occidental, fins arribar al Quaternari quan les fluctuacions del nivell marí gravaren els darrers retocs a la fisiografia que presenten, avui per avui, les illes del subarxipèlag. De fet, el nivell actual de la Mediterrània determina l'extensió superficial que tenen avui les terres emergides de l'arxipèlag, les quals tenien una superfície molt major durant les regressions associades als períodes freds del Pleistocè. Dins d'aquest context, el relleu de Cabrera ha de ser tractat com un sistema relativament complex on s'estableix una dialèctica entre diversos sistemes d'erosió-modelat dominants, que actuen de manera simultània dins el marc espacial i temporal que imprimeix la història del nivell marí en el fil dels temps geològics.

Tot centrant el discurs en els factors explicatius de la topografia i el relleu de l'arxipèlag, se sistematitzarà el funcionament d'aquest geosistema durant les etapes més recents de la seva història geològica (Fig. 8). Per començar, les característiques litològiques i estructurals dels substrat rocós –emergit com a conseqüència dels esdeveniments tectònics ocorreguts durant el Neogen– imposen tota una sèrie de condicionants que determinen, en bona mesura, com tindrà lloc l'actuació dels agents erosius meteòrics. Aquests, en última instància, estan supeditats al clima imperant en cada moment. Aquesta dialèctica que s'estableix entre agents erosius i condicionants lito-estructurals es materialitza en una evolució geomorfològica concreta, on es troben implicats diversos tipus de modelats en funció de variables climàtiques i geològiques, com per exemple els tipus de roques que afloren en superfície. En el cas de Cabrera, tres sistemes morfogenètics són responsables de la seva morfologia i relleu actual: el modelat *fluvial* –que es pot reconèixer quasi exclusivament a Cabrera Gran–, el modelat *litoral* que té caràcter d'ubiquïtat en tot l'arxipèlag i el modelat *càrstic* que es desenvolupa en els materials carbonatats (calcàries i dolomies) en la seva triple faceta de generació de formes superficials, cavitats subterrànies i amb el progressiu establiment d'una hidrologia també subterrània.

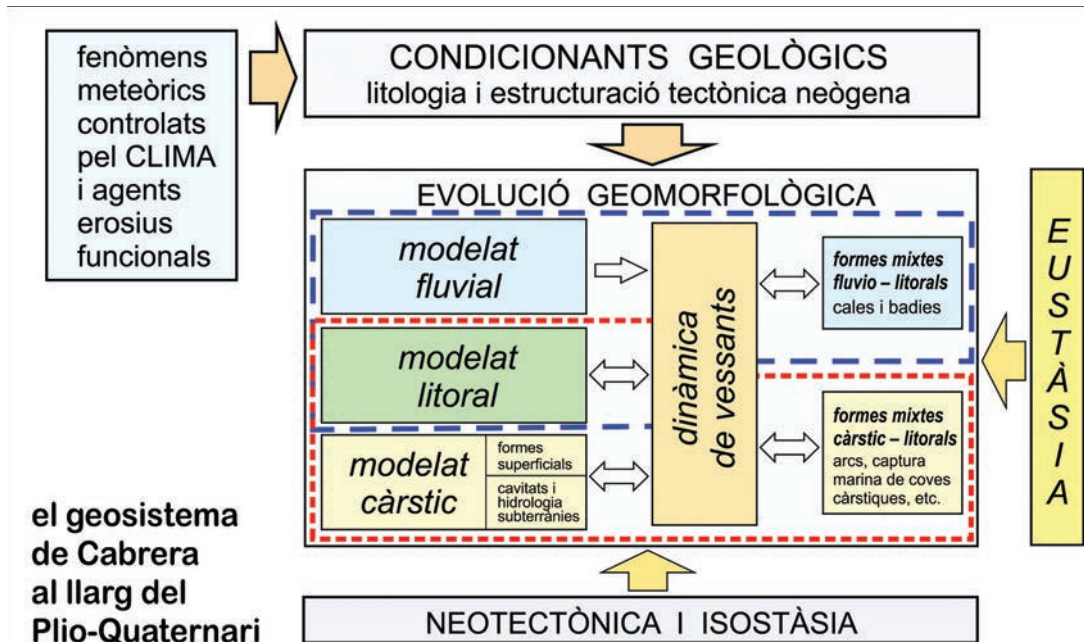


Figura 8 Esquema conceptual del funcionament del geosistema de l'arxipèlag de Cabrera.

Els modelats enumerats posen en funcionament una dinàmica de vessants als territoris emergits, que resulta especialment activa en el cas del modelat litoral, el qual dóna lloc a penya-segats costaners presents a totes les illes i de vegades espectaculars quant a la seva alçada. Aquests processos d'evolució de vessants, que es mostren tan dinàmics al llarg de la franja costanera, participen en la generació de formes mixtes on es combinen fenòmens associats a sistemes d'erosió diversos; així, és possible reconèixer morfologies on interactuen el modelat càrstic i l'erosió litoral, consistents en la captura marina de cavitats càrstiques, o en la formació d'arcs o ponts que criden l'atenció en la línia de costa. Un altre exemple d'interferències entre dos sistemes morfogenètics diferents seria la presència de cales i badies, que poden ser considerades com a formes mixtes fluvio-litorals.

Tot aquest esquema queda completat si es tenen en compte dos factors addicionals (Fig. 8). Per una banda incideixen els fenòmens tectònics recents que hagin pogut produir-se, així com les deformacions isostàtiques de l'escorça terrestre relacionades, per citar una causa, amb les alternances entre períodes glacials i interglacials durant el Quaternari. Per altra banda és necessari tenir present les importants fluctuacions eustàtiques que ha sofert el nivell de la Mediterrània al llarg del Pleistocè, com a conseqüència de l'esmentada alternança de glaciacions enfront d'episodis climàtics més benignes. Aquests factors enunciats ara controlen la situació relativa de terres emergides i nivell marí, dins un context de força variabilitat.

Els paisatges que observem ara han de ser interpretat des d'una òptica necessàriament pluricausal (Fig. 8), ja que és el resultat de la dialèctica entre diversos modelats que han anat actuant de manera relativament independent durant el Plio-Quaternari. L'actuació d'aquests modelats –erosió fluvial, dinàmica litoral, i carstificació– al llarg de l'espai i del temps fa que, per força, existeixin interferències entre ells, malgrat que resulti difícil determinar la primacia d'un modelat sobre l'altre, excepció feta del sistema d'erosió litoral. A tot el que cal sumar l'enorme variabilitat del nivell marí abans esmentada, fet que afegeix encara més complexitat a l'evolució geomorfològica de Cabrera, a causa de la gran inestabilitat espacial i temporal dels nivells de base que han controlat el funcionament dels diferents modelats actius. El resultat final, pel que fa a la gènesi del relleu i de la topografia de l'arxipèlag, radica en l'actuació conjunta de tres sistemes morfogenètics principals (fluvial, litoral i càrstic) que han evolucionat i interactuat entre ells durant els darrers milions d'anys.

ASPECTES GEOMORFOLÒGICS

La interpretació de les formes del relleu de l'arxipèlag i la seva gènesi fou objecte d'una acurada aproximació per part de Rodríguez-Perea i Servera (1993), dins de la important monografia publicada pocs anys després de la declaració com a Parc Nacional. Els citats autors efectuaven un detallat estudi qualitatiu de la geomorfologia de Cabrera, que abraçava tots els distints dominis morfogenètics involucrats, el qual es veia complementat per altres dos treballs específics sobre l'exocarst i les cavitats subterrànies (Ginés, 1993; Trias, 1993). Per tal de no insistir en aspectes de caire més aviat general que es troben sobradament documentats en els treballs referits, ens limitarem a aportar dades que els complementin i actualitzin, sempre des d'una perspectiva que intenti anar més enllà de la simple descripció literària dels fenòmens observats.

Pel que fa a contribucions recents al coneixement geomorfològic d'aquestes illes, resulta cridaner constatar la gairebé nul·la atenció rebuda per aquesta disciplina, i més tractant-se d'un entorn força atractiu per als estudis del medi natural. En aquest sentit –i elaborat amb un plantejament descriptiu i enfocat cap a la divulgació– cal consignar alguns dels capítols que integren el llibre editat per Robledo (2016). Encara que aquesta obra no conté un treball dedicat concretament a la geomorfologia, sovintegen les descripcions que documenten aspectes concrets del relleu de l'arxipèlag, incloent així mateix un capítol específic que s'ocupa del modelat càrstic (Robledo *et al.*, 2016).

ELS CONDICIONANTS LITO-ESTRUCTURALS

La geologia de l'arxipèlag correspon a la continuïtat cap al sud de les Serres de Llevant de l'illa de Mallorca, tant pel que fa a les unitats lito-estratigràfiques representades com a la seva estructuració tectònica. Les roques que afloren abracen des del Triàsic fins al Quaternari, però amb importants llacunes estratigràfiques que comencen al final del Mesozoic i comprenen bona part del Paleogen i del Neogen (Sàbat *et al.*, 1993). En línies generals les litologies carbonàtiques juràsiques són dominants en totes les illes, amb una presència destacable de l'Eocè sobretot en la part septentrional de Cabrera Gran.

Si es posa esment en la lito-estratigrafia dels materials rocosos que formen l'illa de Cabrera, els dipòsits més antics estan representats per les argiles i els guixos del Trias (Keuper), que compten amb reduïts afloraments com el Clot des Guix, situat al sector nord de l'illa. Les fàcies de plataforma del Juràssic inferior, que consisteixen en una potència notable de dolomies i calcàries, formen el gruix de les terres emergides, juntament amb margues i calcàries margoses corresponents a la sèrie pelàgica mesozoica, la qual compren dipòsits que van des del Juràssic mitjà i superior fins al Cretaci inferior i mitjà (Sàbat *et al.*, 1993). Aquests sediments acumulats en conques marines més profundes consisteixen en fàcies de talús, amb abundants masses calcàries intercalades –procedents de la sèrie de plataforma– que han estat atribuïts com a dipòsits d'olistòlits.

Després d'una important llacuna estratigràfica que s'inicia el Cretaci superior, ens trobem amb les fàcies litorals amb nummulits de l'Eocè mitja i superior, constituïts bàsicament per calcarenites i margues. Aquests materials paleògens presenten una extensió destacable en Cabrera Gran, particularment en el sector septentrional. A continuació es produeix una altra interrupció del registre sedimentari fins arribar als escassos afloraments del Miocè superior, que es limiten tan sols a la costa nord de l'illa. Finalment, els sediments plio-quaternalis es distribueixen al llarg del litoral de tot l'arxipèlag, al temps que ocupen les parts baixes dels sistemes fluvials que drenen cap a la gran badia del Port de Cabrera.

Des del punt de vista estructural, els materials rocosos observables avui en dia foren afectats per una fase tectònica compressiva cenozoica, que tingué lloc entre l'Oligocè final i el Miocè mitjà, segons estableixen Sàbat *et al.*, (1993), els quals reporten també esdeveniments tectònics extensius tant mesozoics com fins i tot del Pliocè. Aquests autors distingeixen una unitat tectònica inferior que forma el gruix del relleu de l'illa de Cabrera, i que està integrada per un conjunt d'escates amb vergència cap al NW. La unitat tectònica superior consisteix en una mena d'encavalcament subhoritzontal que acaben de confegir les majors alçades de l'illa, com són el Penyal Blanc i la Serra des Canal de ses Figueres. En el seu conjunt, el resultat de l'estructuració tectònica de l'àrea és força complicat si s'analitza en detall, ja que els materials rocosos es troben afectats per multitud d'encavalcaments, plecs, falles i fractures, on predominen les alineacions NW-SE.

Quant a la repercussió dels condicionants lito-estructurals en la gènesi del relleu de l'illa de Cabrera, cal referir-se a dos aspectes clau pel que fa a la susceptibilitat del substrat rocós davant l'actuació dels agents erosius meteòrics i/o d'alteració. Per una banda, s'estableix una clara dicotomia litològica entre les roques carbonàtiques (calcàries i dolomies) i els materials de caire margós representats tant per la sèrie pelàgica del Juràssic-Cretaci, com pels dipòsits de l'Eocè. De forma específica, les dolomies i calcàries del Juràssic inferior són roques dures i en general resistentes als mecanismes d'alteració física, però susceptibles de ser afectades en major o menor mesura pels processos de dissolució càrstica. Aquesta dicotomia tindrà sens dubte un paper crucial en la configuració del relleu, des del moment que condiona la capacitat erosiva dels diferents dominis morfogenètics que han modelat les terres emergides de l'arxipèlag. Una aproximació simplificada a la caracterització dels condicionants litològics a l'illa de Cabrera apareix recollida en la Fig. 9, la qual pretén mostrar a primer cop d'ull la distribució espacial del rocam en relació amb la seva susceptibilitat de ser afectat pels diversos sistemes d'erosió actius. Per altra banda, cal emfatitzar el fet que l'estructuració tectònica soferta pels sediments que afloren a l'arxipèlag ha produït una extrema compartimentació de les seves característiques lito-estratigràfiques, motiu pel qual en bona part de l'illa ens trobem amb una mena de mosaic, on alternen materials geològics diversos juxtaposats en extensions força

reduïdes; aquesta disposició tan compartimentada tindrà una incidència notable en l'actuació dels sistemes d'erosió, així com en la hidrologia superficial i, sobretot, subterrània a Cabrera Gran.

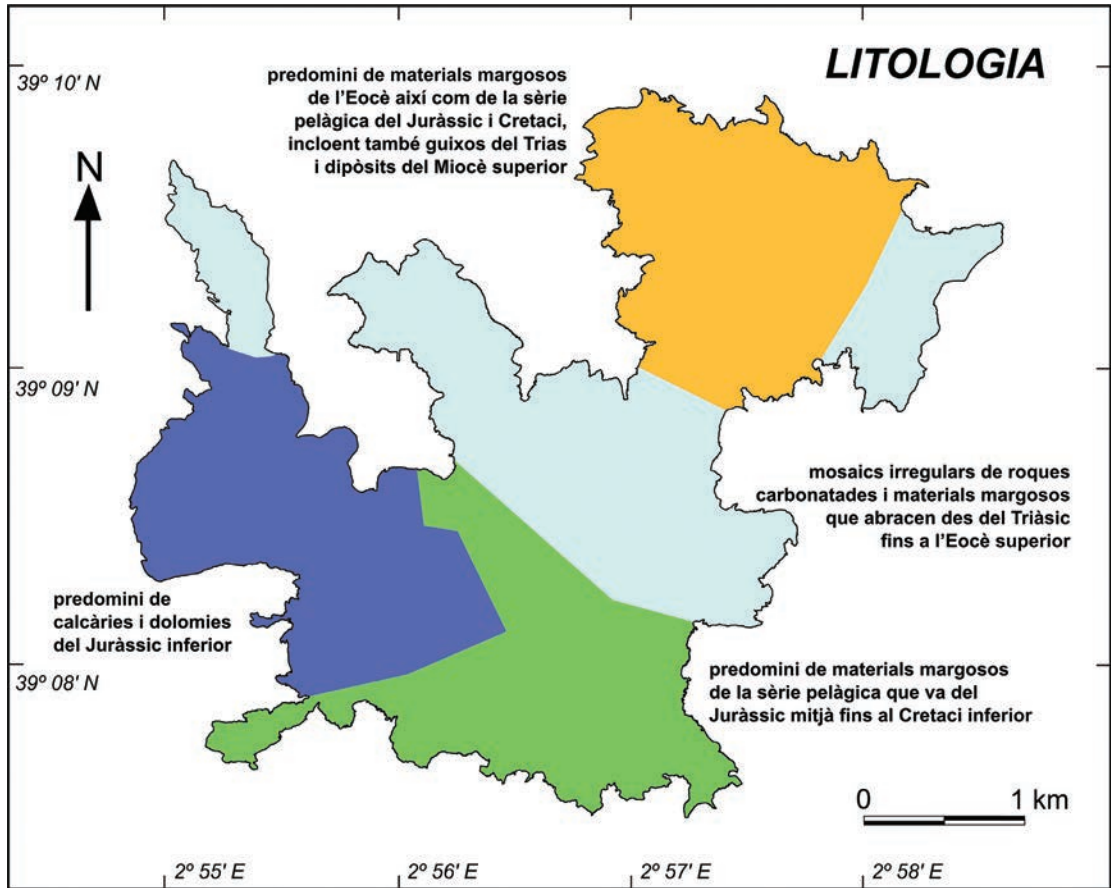


Figura 9 Mapa esquemàtic amb indicació de les principals característiques litològiques de les roques que afloren a l'illa de Cabrera (basat en Sàbat *et al.*, 1993).

LA XARXA HIDROGRÀFICA SUPERFICIAL

L'anàlisi de la xarxa fluvial de l'arxipèlag s'ha centrat en l'illa de Cabrera per motius obvis, relacionats amb la minsa extensió de les unitats territorials menors, fet que impedeix el reconeixement d'un sistema organitzat de drenatge en la resta d'illes i illots. S'ha procedit a establir i delinear la xarxa hidrogràfica de l'illa major, sobre la base de la cartografia més detallada existent a dia d'avui (escala 1/2.000); aquesta tasca ha estat realitzada procurant aplicar un criteri el més homogeni possible, basat en el reconeixement dels canals que integren el sistema fluvial a partir de les inflexions rellevants de les corbes de nivell, disponibles amb una equidistància de 2 metres. Així mateix, s'ha establert la jerarquització de la xarxa fluvial emprant la metodologia ja clàssica, que fou elaborada i perfeccionada a mitjans dels segle passat per autors com Horton (1945) i Strahler (1964).

Els resultats obtinguts apareixen reflectits en la Fig. 10 que recull l'estructura de la xarxa fluvial de Cabrera Gran, amb indicació de l'ordre de cadascú dels canals que la componen. En aquesta figura queda ben palès que la *densitat de drenatge* (longitud dels canals per unitat de superfície) no és homogènia en tota l'illa. En aquest sentit, es pot observar com s'individualitza amb claredat un sector central, que presenta una densitat de drenatge elevada la qual arriba als 68,01 m/ha, mentre que la resta de l'illa mostra densitats molt més baixes; la densitat de drenatge calculada per al conjunt de l'illa és de 40,86 m/ha. Els factors explicatius d'aquests valors tan heterogenis cal cercar-los en condicionants de tipus litològic, ja que les xifres més elevades de densitat de

drenatge corresponen a un sector concret on es donen dos circumstàncies destacables: el predomini en superfície de materials més aviat margosos pertanyents a la sèrie pelàgica del Juràssic-Cretaci, juntament amb el fet de tractar-se de la zona de l'illa dotada d'un relleu més enèrgic. Ambdós factors propicien la presència d'una xarxa hidrogràfica superficial ben desenvolupada, que resulta particularment cridanera en els dos sistemes de drenatge que vessen en direcció sud, cap a la zona dels Estells i el Canal de s'Aigua.

La resta de Cabrera presenta densitats de drenatge relativament baixes, de l'ordre de 34 m/ha, xifra que suposa gairebé la meitat dels valors calculats per al sector central, al qual acabem de fer referència. Resulta curiós observar que tant les zones situades al NE de l'illa com el seu sector més occidental mostren densitats de drenatge semblants, encara que les característiques lito-estratigràfiques siguin molt diferents entre si (Fig. 10). Així, es pot constatar que al sector occidental –on predominen les dolomies i calcàries del Juràssic inferior– la xarxa hidrogràfica superficial es troba mitjanament desenvolupada, malgrat la potencial incidència dels processos de carstificació; en aquest mateix sentit, resulta cridaner observar que la densitat de drenatge calculada en aquest sector calcari de l'illa és gairebé idèntica a l'obtinguda per a les zones nord-orientals, les quals estan constituïdes per una mena de mosaic de materials geològics diversos on no manquen els materials margosos de l'Eocè. En ambdós casos l'escorrentia superficial sembla haver estat manco efectiva, en comparació amb el sector central on afloren predominantment els materials margosos de la sèrie pelàgica. Cal consignar aquí que la funcionalitat actual de la xarxa fluvial és molt baixa, en relació amb el clima semiàrid que impera a l'arxipèlag, amb unes precipitacions mitjanes de 380 mm anuals (Guijarro, 1993); aquesta funcionalitat es limita a uns pocs episodis de pluges molt intenses de caire tempestuós, encara que les vicissituds climàtiques plio-quaternàries poden haver inclòs períodes amb una pluviometria molt més elevada.

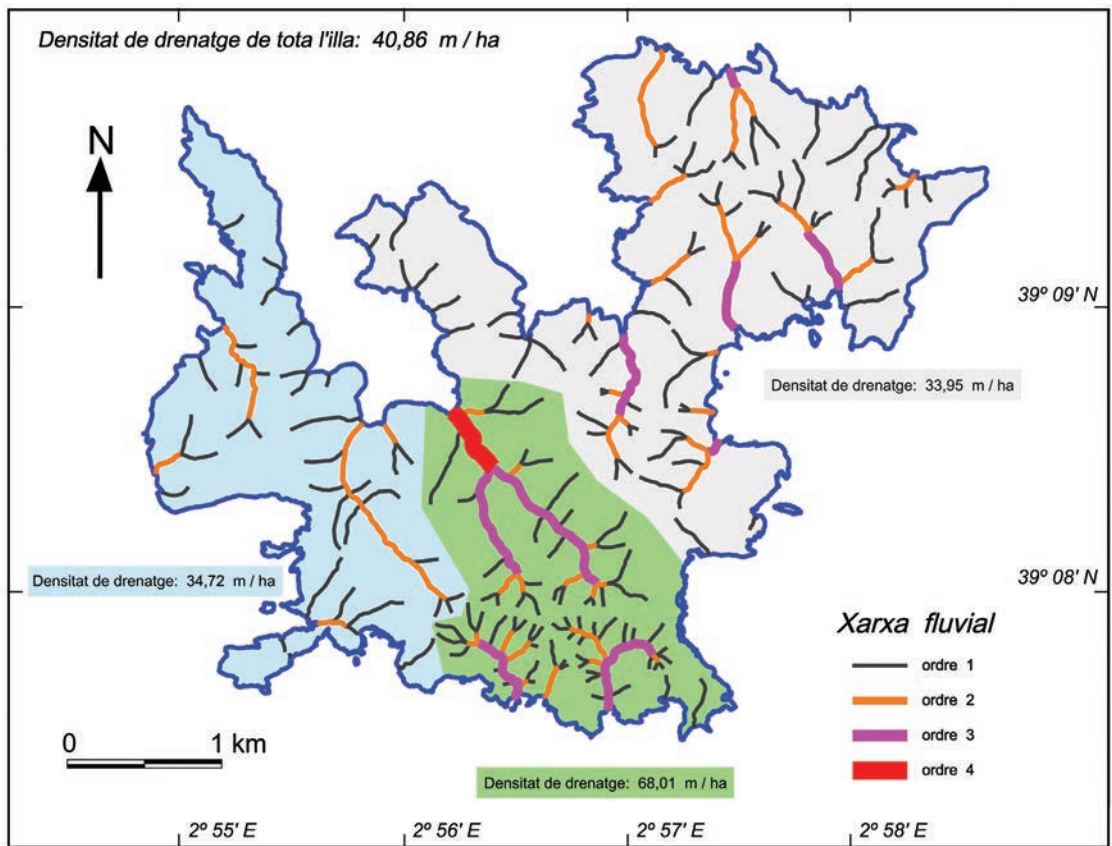


Figura 10 Mapa de la xarxa hidrogràfica superficial de l'illa de Cabrera (elaborat a partir de la cartografia 1/2.000 de l'Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

Pel que fa a la jerarquització de la xarxa fluvial de l'illa de Cabrera, s'han calculat dos paràmetres bàsics, el nombre de canals o cursos de cada ordre, i la longitud mitjana dels canals de cada ordre (Fig. 11). Els resultats obtinguts per ambdós paràmetres es veuen afectats per un fet clau: la present posició de la línia de costa –corresponent a la pujada postglacial del nivell de la Mediterrània– condiciona la longitud i la continuïtat de les parts inferiors de la xarxa fluvial, la disposició i magnitud de la qual eren molt diferents durant els períodes de descens relatiu del nivell de la mar. Dins aquest context, cal remarcar que un total de 37 canals d'ordre 1 no alimenten cursos d'ordre superior, sinó que desemboquen directament a la línia de costa actual. Les anomalies que la posició canviant del nivell marí durant el Plio-Quaternari imposen a la xarxa hidrogràfica superficial, queden ben patents si ens fixem en la longitud mitjana dels canals (Fig. 11); aquest paràmetre es va incrementant a mesura que pugem d'ordre –tal i com era previsible– amb l'excepció de l'únic curs de l'ordre 4, que mostra una longitud més curta condicionada per la posició actual de la franja costanera, lligada a la transgressió marina postglacial.

Quant al nombre de canals la distribució s'apropa al que és habitual en les xarxes fluvials (Fig. 11), on es dona un elevat nombre de cursos elementals d'ordre 1, quantitat que va minvant de forma gradual en els ordres immediatament superiors. Això és cert si ens fixem en les raons de bifurcació calculades per als ordres 1-2 i 2-3 les quals són similars, amb valors d'entre 3,91 i 4,89 cursos d'un nivell donat per cada canal de l'ordre immediatament superior. En canvi, la *raó de bifurcació* dels ordres 3 i 4 és molt elevada (9) ja que la pujada holocènica del nivell marí ha limitat a la baixa la quantitat de cursos de l'ordre més elevat, que es materialitza en un sol canal d'ordre 4 que desemboca en la Platgeta del Port de Cabrera. Obviament, un nivell marí molt més baix, lligat a esdeveniments climàtics freds, propiciaria l'existència d'una major quantitat de cursos dels ordres superiors dins el conjunt d'una xarxa hidrogràfica de l'illa bastant més extensa.

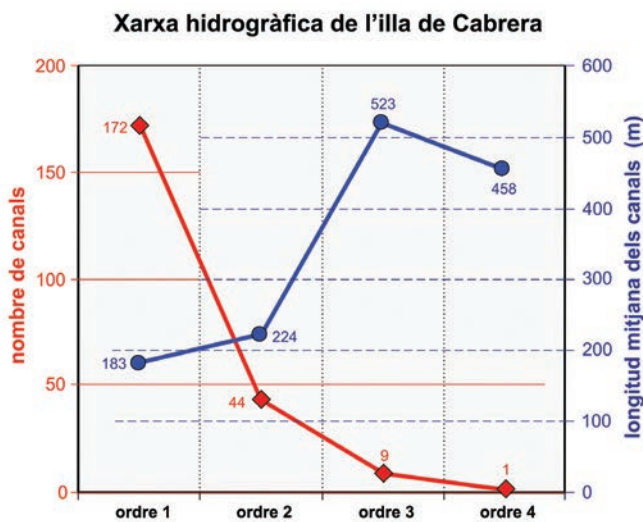


Figura 11 Alguns paràmetres quantitius de la xarxa fluvial de l'illa de Cabrera.

EL DOMINI LITORAL

Per tal de caracteritzar aquest domini morfogenètic, s'ha procedit a classificar els tipus de costa de les dues illes majors, distingint cinc categories que inclouen des de platges i costes baixes fins a penya-segats d'alçades diverses. Els resultats es poden consultar a la Fig. 12, en la qual es pot copsar el total predomini de les costes espadades, que arriben al 71% de la seva longitud a Cabrera i fins al 85% en el cas de l'Illa des Conills. En ambdues illes els grans penya-segats (> 25 m) representen el tipus de costa més abundant, amb percentatges que arriben fins al 50% del litoral de sa Conillera així com el 32% de la costa de l'illa major. Quant a les costes baixes, aquestes són relativament significatives a l'illa de Cabrera (27%), on es presenten junt amb una minsa extensió de platges intercalades, que tot just arriba al 2% de la longitud de la línia de costa.

TIPUS DE COSTA

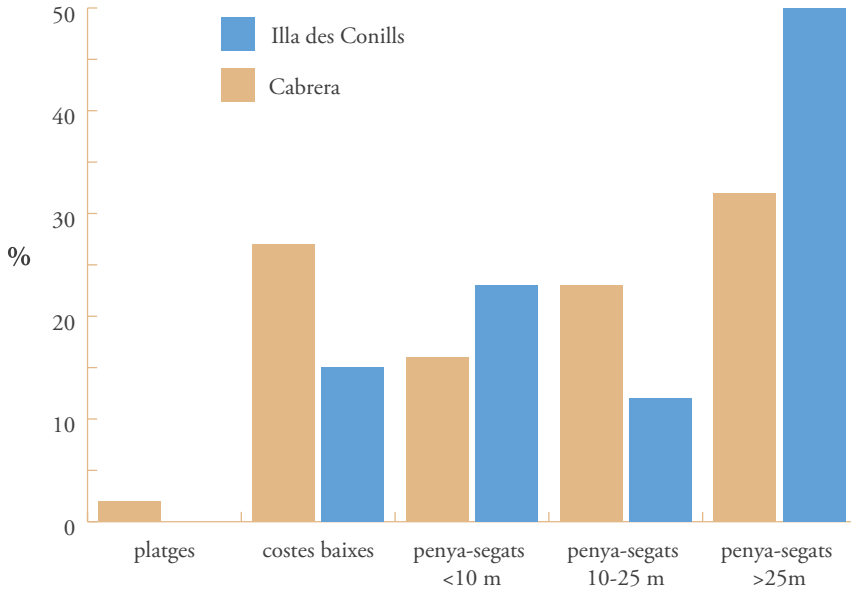


Figura 12 Distribució percentual de la longitud dels tipus de costa de les dues illes majors, obtinguda a partir del mapa inclòs a la Fig. 12.

La distribució espacial dels tipus de costa (Fig. 13) mostra una disposició molt relacionada amb els condicionants litològics que ja hem enunciat. Així, els grans espadats costaners es concentren preferentment en les roques carbonàtiques del Juràssic inferior, encara que també existeixen penya-segats destacables en els materials rocossos de la sèrie pelàgica del Juràssic-Cretaci, tal i com succeeix en sectors del litoral com són es Burri i el Codolar de l'Imperial. Per altra banda, les costes baixes i platges de Cabrera Gran es concentren en les tres badies principals (el Port, Cala Santa Maria i l'Olla), amb escassa representació a la resta de l'arxipèlag.

Tot i el paper aclaparador dels penya-segats com a tret distintiu del litoral rocós de Cabrera, el cert és que existeix certa variabilitat en quant a la seva tipologia i distribució espacial (Fig 13). La qual cosa, al cap i a la fi, permet reflexionar sobre els processos i la història geomòrfica de l'illa. L'anàlisi morfomètrica dels 60 perfils de penya-segats obtinguts a partir del núvol de punts LIDAR (Taula IV), posa de manifest que el 73% de les penyes costaneres de Cabrera tenen un perfil complex o compost, on s'alternen els segments o les seqüències de parets-escarpaments i talussos, mentre que només un 27% dels aixecaments es correspon amb perfils verticals, còncaus o convexs purs. A grans trets, per al conjunt de l'illa, dominen els penya-segats on l'element característic o significatiu són les parets verticals (48%), seguits sense massa diferències pels penya-segats de perfil convex dominants (23%) o els còncaus (20%) (Taula IV). Tanmateix la distribució de les tipologies d'espadats és dissimètrica: mentre que a la façana nord-oest coincidint amb les grans badies i penetracions dels aparells fluvials, que es comentaran més endavant, hi ha una major variabilitat de formes (Taula IV), el cert és que hi estan més ben representats les seqüències de penya-segats composts (i.e. talús-paret-talús) amb elements definitoris de caràcter convex. Tot sovint coincidint amb els vessants a costat i costat de l'interior del Port de Cabrera o de Cala Santa Maria. En canvi, a la façana NE, així com avança cap a orient agombola un 67% de perfils marcats per parets verticals (Taula IV), mentre que el flanc de Llevant tendria un 92% dels seus perfils compresos entre els penya-segats verticals i els de caràcter còncau, el que implica una ruptura de pendent acusada molt propera a costa. Comptat i debatut, el 7% dels penya-segat menys abruptes apareixen concentrats a l'endinsada de l'Imperial. La façana SW i la de ponent novament tenen més d'un 45% dels seus espadats dins el grup dels penya-segats abruptes, principalment petites variants de la tipologia de paret coronada amb un talús majoritàriament còncau (Taula IV).

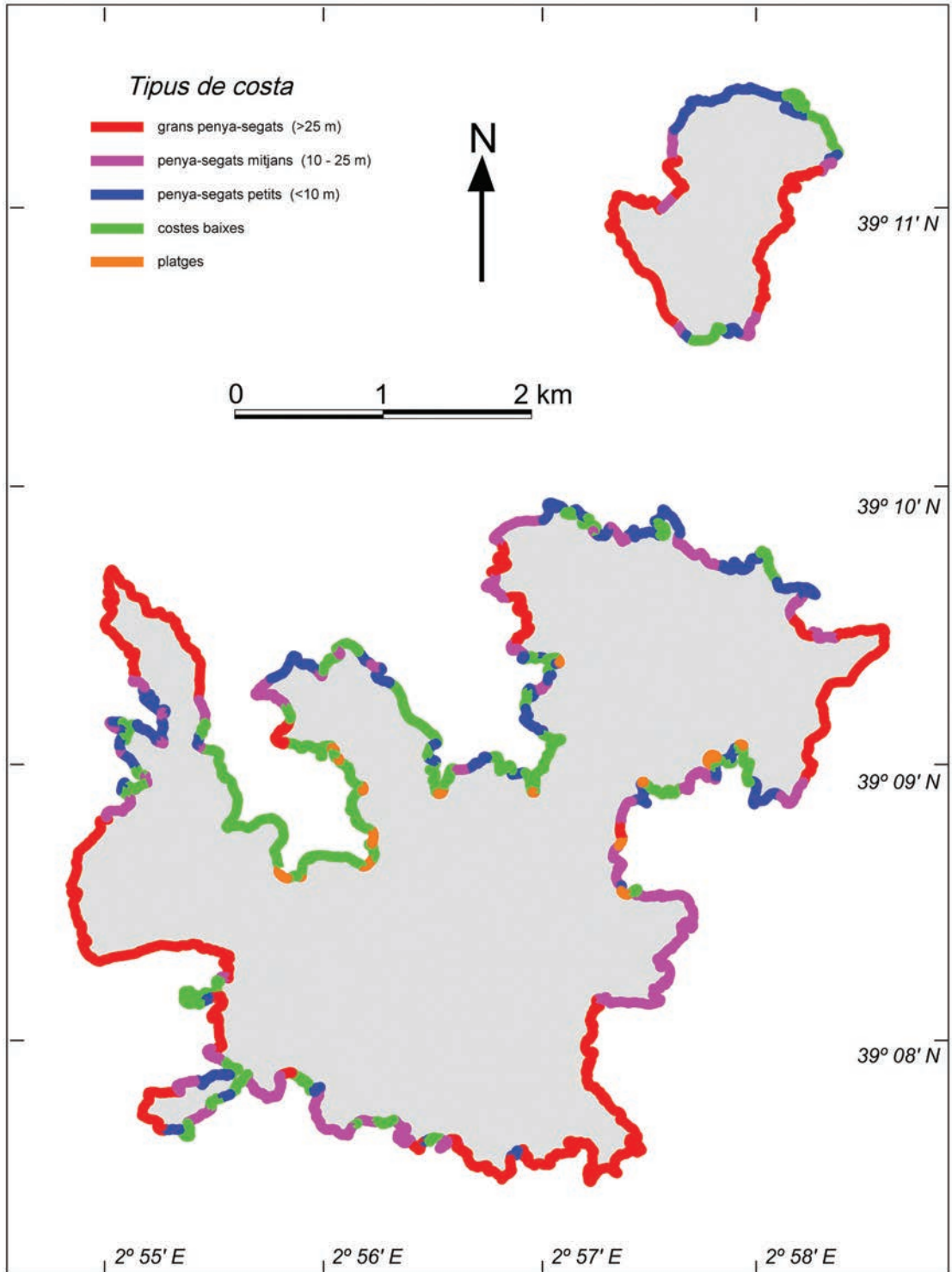


Figura 13 Mapa dels tipus de costa de les illes majors de l'arxipèlag de Cabrera (elaborat a partir de la cartografia 1/2.000 de l'Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

Taula IV. Distribució percentual de la tipologia de penya-segats a l'illa de Cabrera (n=60), amb indicació dels valors obtinguts en funció de la façana marina on es localitzen.

Tipologia de penya-segat	Total Cabrera	Façanes marines de Cabrera					
		NW	NE	SE	SW	W	
Perfil lineal	Lineal	3,33	5,26	0,00	7,69	0,00	0,00
	Lineal compost	5,00	10,53	16,67	0,00	0,00	0,00
Perfil convex	Convex	10,00	15,79	0,00	0,00	13,33	14,29
	Convex compost	13,33	21,05	0,00	0,00	13,33	28,57
Perfil vertical	Paret	3,33	0,00	0,00	0,00	13,33	0,00
	Vertical compost	45,00	42,11	66,67	30,77	46,67	57,14
Perfil concau	Concau	10,00	0,00	16,67	30,77	6,67	0,00
	Concau compost	10,00	5,26	0,00	30,77	6,67	0,00
		100	100	100	100	100	100

En referència ara a les possibles interferències entre els modelats que han estat tractats fins el moment, és necessari ressenyar la presència de cales, les quals han de ser considerades com a geoformes que són el resultat de la inundació postglacial de les parts baixes de la xarxa hidrogràfica superficial. Aquests accidents característics de la franja litoral tan sols estan presents a Cabrera Gran, on es reconeixen algunes badies de dimensions mitjanes, dins les quals es poden distingir endinsades de la costa de menor entitat, que poden ser qualificades com a cales o calons. Aquest és el cas, per exemple, de les quatre cales principals que es localitzen dins la badia de Cala Santa Maria (Cala en Ganduf, Caló des Forn de Calç, Caló des Palangrers, i Cala Santa Maria pròpiament dita), o d'altres cales com l'Olla, l'Olló i el Caló des Macs en el costat oriental de l'illa. Tanmateix és evident que els aparells fluvials més ben desenvolupats, així com les valls inundades sols apareixen a la costa NW. Si el Port de Cabrera presenta una forma allargassada és perquè la inundació del caixer fluvial afecta al tram mig de la seva conca, mentre que en el cas de la badia de Cala Santa Maria, la forma més arrodonida i complexa, correspon a la inundació de la capçalera de conca, com també posa de manifest l'ordre dels cursos que la drenen. Però la pregunta a plantejar, és el perquè de l'absència de valls inundades a la façana de llevant i de xaloc i per què és en aquestes dues àrees on es concentren, no només els espadats de major alçària, sinó els més verticals i espadats tot contrastant amb els penya-segats de les grans badies, de menor alçada, major irregularitat en el perfil i un caràcter més convex. La resposta queda a tall d'hipòtesi atès que manquen perfils sísmics propers a la costa que permetin concloure amb solidesa allò que apunta la munió d'indícis en el modelat. Les diferències abans esmentades podrien ser explicades per un lleuger basculament de l'illa de Cabrera cap a NW posterior al plegament cenozoic, enfonsant la costa NW i aixecant els flancs SW-SE. La presència de torrents penjats (i.e. Canal de s'Aigua o l'aparell que aboca sobre els Estells) no farien sinó apuntalar aquesta hipòtesi. En qualsevol cas, aquestes geoformes litorals de Cabrera es troben bastant lluny –quant a les característiques dels seus trets definitoris– dels exemples paradigmàtics de cales que han estat descrits en el sud i llevant de Mallorca (Rosselló-Verger, 1995; 2005).

El modelat litoral té caràcter d'ubiquïtat en tot l'arxipèlag, per raons òbvies lligades a la insularitat d'aquest territoris així com a la reduïda extensió superficial. Malgrat que els espadats i timbes costaneres són les formes dominants, trobem altres morfologies pròpies d'aquest domini morfogenètic, descrites en detall a Rodríguez-Perea i Servera (1993); entre elles esmentarem les rases d'abrasió pleistocèniques descrites particularment a la costa septentrional de la Cabrera Gran, així com les terrasses costaneres holocèniques que es continuen terra endins amb microformes de lapiaz litoral (Gómez-Pujol, 2006). La dialèctica que s'estableix entre el domini litoral i els altres modelats actius, origina formes mixtes com les cales –a les quals ja hem fet referència– o arcs litorals que s'han generats en llocs on l'erosió marina ha desmantellat alguna cavitat preexistent. Moltes coves litorals de l'arxipèlag, com la famosa Cova Blava, són fenòmens generats exclusivament pels mecanismes d'erosió marina sense cap participació del modelat càrstic.

EL MODELAT CÀRSTIC

Com a conseqüència de la naturalesa carbonatada de bona part de les roques que afloren a Cabrera, el modelat càrstic completa la trilogia de sistemes morfogenètics implicats en la formació del relleu de l'arxipèlag, juntament amb els modelats litoral i fluvial dels quals ja ens hem ocupat. Malgrat la destacable extensió (en termes percentuals) que presenten les calcàries i dolomies juràsiques a la Cabrera Gran, el paper del carst en la seva fisiografia és realment poc rellevant, lluny de les afirmacions més aviat exagerades de Robledo *et al.*, (2016) que qualifiquen el modelat càrstic com l'escultor principal del relleu de l'illa.

Tal i com ja es reportava a Ginés (1993) l'expressió superficial del carst a l'illa de Cabrera és molt pobre, amb una absència pràcticament total de dolines i depressions càrstiques en general, i uns camps de lapiaz que no destaquen per la seva espectacularitat ni varietat de microformes. Les morfologies de dissolució de la roca relacionades amb l'escorrentia de l'aigua de pluja (estries, canals, etc.) són realment escasses, i es presenten desenvolupades sobre formes preexistents, arrodonides i suaus, de lapiaz subedàfic o criptolapiaz (Ginés, 2009). Les extensions de roca esculpides per les formes de lapiaz són relativament àmplies, però no arriben en cap cas a ser determinants en la configuració del paisatge resultant, tal i com succeeix a les muntanyes de Mallorca. Els principals factors que limiten el desenvolupament de l'exocarst a l'arxipèlag són de caire litològic –en relació amb el caràcter dolomític o margo-calcari de la majoria dels afloraments de roques carbonàtiques– als que cal afegir, sobretot, les característiques semi-àrides del clima, que limita les precipitacions disponibles per als processos de carstificació. Encara que la connexió amb el modelat càrstic sigui molt limitada, és necessari consignar que les micro i mesoformes de lapiaz costaner estan ben representades allà on les roques carbonàtiques es disposen al llarg de la franja litoral (Rita *et al.*, 2016); es tracta de morfologies molt freqüents als litorals calcaris, en les quals els processos de bioerosió estan fortament implicats (Gómez-Pujol, 2006).

Pel que fa a les formes subterrànies del carst –coves i avencs– l'arxipèlag ha estat objecte de diverses campanyes espeleològiques, entre les quals cal remarcar les exploracions pioneres encapçalades per Montoriol-Pous (1961, 1971, 1972). Un catàleg espeleològic actualitzat fou publicat per Trias (1993), amb diverses aportacions posteriors que el complementen (Alcover *et al.*, 1997; Trias *et al.*, 2009). Recentment ha estat elaborada per part d'Encinas (2014) una exhaustiva catalogació de les cavitats de l'arxipèlag, que és reproduïda sense cap aportació addicional per Robledo *et al.* (2016).

Resulta molt il·lustratiu consultar la Fig. 14 per fer-se una idea clara de les característiques de les cavitats subterrànies del conjunt de l'arxipèlag. D'un total de 80 cavitats considerades, es pot observar que les dues categories que hem qualificat com a *balms* i *coves marines* són amb molt d'avantatge les tipologies més abundants, amb 35 i 32 localitats respectivament que suposen conjuntament el 84% dels fenòmens subterrànies coneguts. Les cavitats lligades als processos de carstificació són molt poc nombroses, totalitzant només 9 localitats subterrànies entre *coves* i *avencs* de gènesi càrstica; finalment completen aquesta distribució 4 cavitats més pertanyents a altres dues categories, com són els cruïssos o *avencs mecànics* i algunes *cavitats artificials*. A la llum del que es coneix fins ara, es pot concloure que les cavitats càrstiques de Cabrera són realment escasses i de dimensions modestes, de tal manera que afirmacions de caire gairebé periodístic com les de Robledo *et al.*, (2016), que qualifiquen l'arxipèlag com a un "paradis subterrani", resulten del tot exagerades i sense cap fonament. Dins aquest context, la relativa pobresa del patrimoni subterrani d'aquests territoris, així com el poc espectacular modelat superficial del rocam carbonatat, fan que les referències al carst de Cabrera siguin gairebé inexistentes en els manuals generals sobre aquesta matèria.

TIPUS DE CAVITATS

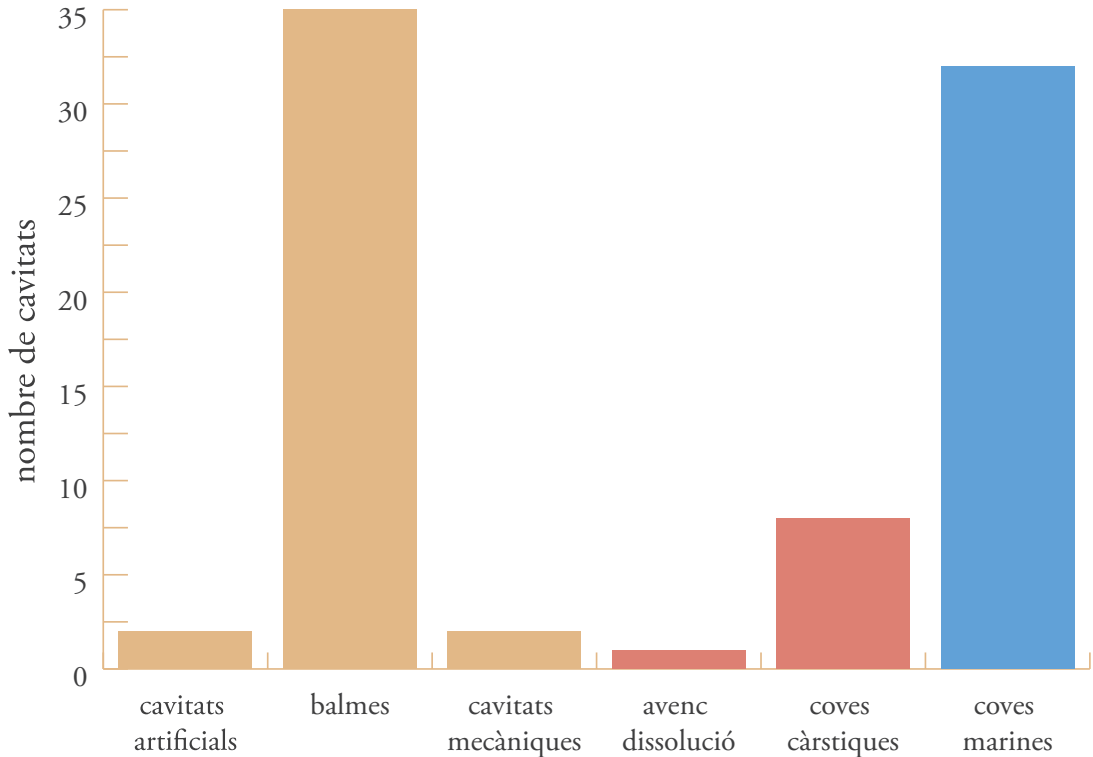


Figura 14 Distribució quantitativa dels tipus de cavitats subterrànies de l'arxipèlag de Cabrera (n= 80).

Les coves més destacables de l'illa major són sens dubte la Cova des Frare (o Avenc des Frare) i la Cova des Burrí, ambdues amb sales de notable volum, i la Cova des Penyal Blanc (també coneguda com a Cova des Mort) que és la cavitat de major desenvolupament –amb un recorregut d'uns 320 m de galeries i sales– la qual a més assoleix un desnivell de 45 m, el major de l'arxipèlag. Quant a la seva morfologia, les dues primeres coves citades corresponen a grans sales d'esfondrament (Trias, 1993), mentre que a la Cova des Penyal Blanc es poden reconèixer un conjunt de galeries que possiblement han tingut en el passat funcions de drenatge (Alcover *et al.*, 1997). Altres cavitats de relatiu interès són per exemple la Cova des Cap Ventós, així com l'Avenc d'en Picamosques que consisteix en un avenc de dissolució que arriba als 26 m de fondària (Montoriol-Pous, 1961). Algunes cavitats càrstiques de les dues illes majors presenten llacs d'aigües salabroses que ocupen les seves cotes inferiors, tal i com succeeix a la Cova de sa Llumeta (sa Conillera) o la ja referida Cova des Burrí, a Cabrera Gran. Menció apart mereix la Cova Blava, la més famosa de l'arxipèlag, encara que es tracta d'una cova de gènesi exclusivament marina.

Tot al llarg del litoral sovintegen els buits i cavitats, de possible origen càrstic, que han estat tallats per l'evolució dels espadats costaners, donant lloc a un seguit de formes com arcs i ponts existents a la línia de costa, o simplement buits amb farciments de dipòsits estalagmítics que apareixen penjats en alguns penya-segats litorals. Aquests fenòmens són descrits per Robledo *et al.*, (2016) dins de l'apartat que aquests autors dediquen al *paleocarst*, emprant aquest terme per referir-se a formes càrstiques no funcionals i de relativa antiguitat; aquesta utilització s'allunya del concepte estricte de *paleocarst*, que designa morfologies de origen càrstic les quals es troben fossilitzades per materials geològics més recents dins del registre sedimentari d'una àrea determinada (Bosak *et al.*, 1989). Bons exemples d'aquestes interferències entre el modelat càrstic i el sistema morfogenètic litoral són, entre d'altres, sa Foradada de l'Illa des Conills i la Cova de ses Roses, a Cabrera Gran, ambdues descrites per Montoriol-Pous (1971, 1972).

LES AIGÜES SUBTERRÀNIES

La naturalesa calcària d'una bona part de les dues illes principals de l'arxipèlag, juntament amb els processos de carstificació que han tingut lloc en la seva història geològica més recent, han propiciat l'existència d'aqüífers subterranis sobretot dins els materials carbonatats del Juràssic inferior (Morales *et al.*, 2016). No obstant això, el clima semi-àrid que actualment caracteritza Cabrera –amb unes precipitacions mitjanes de 380 mm/any (Guijarro, 1993)– fa que els recursos hídrics subterranis siguin molt escassos, encara que suficients per a la sostenibilitat de les instal·lacions del Parc Nacional.

En el cas de sa Conillera, i malgrat la petita extensió superficial de l'illa, la Cova de sa Llumeta permet accedir a una delgada capa d'aigua gairebé dolça, que ja fou aprofitada pels navegants de l'època clàssica (Trias, 1993). La Cabrera Gran mostra una situació molt més complexa, ja que s'observa una juxtaposició de clapes de materials carbonatats intercalats entre materials de naturalesa margosa o margo-calcària. Així, com a resultat de la notable compartimentació litològica del substrat rocós de l'illa (Sàbat *et al.*, 1993), ens trobem amb un conjunt d'aqüífers costaners d'extensió reduïda en les roques carbonàtiques del Juràssic inferior; en la majoria dels casos, aquests petits aquífers drenen directament cap a la mar mitjançant petites surgències litorals, com les existents en el Cap Xoriguer, Cap Ventós, la Punta des Burri, o la Fonteta de l'Olló.

Els aquífers més importants es localitzen tant al sector occidental, que compta amb alguna surgència costanera als espadats de la zona de na Picamosques, com a la part central de l'illa on es localitza la fonteta de Can Feliu que aporta un cabdal minso de devers 0,5 L/s (Morales *et al.*, 2016). Aquest sector central té la seva recàrrega en les elevacions de la Serra des Canal de ses Figueres i de na Miranda que nodreixen, a més del compartiment Juràssic, un altre aquífer de caràcter detrític en els al·luvions quaternaris de la vall que s'estén entre es Celler i sa Platgeta, a la part més interna de la badia del Port. Precisament a les immediacions d'es Celler es localitza un sondeig, que explota tant l'aquífer superficial quaternari com els recursos hídrics dels carbonats juràssics infra-jacents; aquest sondeig fou perforat, a mitjans del segle passat, per a l'abastiment de les instal·lacions militars. Malgrat les escasses precipitacions que cauen sobre l'arxipèlag, la intensa evapotranspiració que té lloc en aquest context bioclimàtic semi-àrid i la limitada infiltració eficaç que en resulta, existeix en l'illa major una descàrrega hídrica neta cap a la mar, afavorida per la dèbil pressió humana que s'exerceix sobre els seus recursos hídrics.

EPÍLEG

La fisiografia de Cabrera està del tot controlada per la posició actual del nivell de la Mediterrània, que condiciona l'extensió superficial de les terres emergides i l'actuació sobre elles d'un conjunt de sistemes d'erosió ajustats a aquesta posició relativa del nivell marí holocènic. Aquest fet inqüestionable té clares connotacions paleoclimàtiques, ja que la variabilitat del nivell de la mar durant el Quaternari està lligada a l'alternança de períodes glacials i interglacials al llarg de la història geològica recent.

El substrat geològic de roques sedimentàries –majoritàriament carbonàtiques– ha estat sotmès a l'actuació de una tríada de modelats, dels quals el més rellevant és la dinàmica erosiva que té lloc a la franja litoral, modelat que és omnipresent a totes les illes i illots. La xarxa hidrogràfica superficial, lligada al sistema d'erosió fluvial, tan sols és susceptible de ser reconeguda a Cabrera Gran, que hostatja, així mateix, les formes més representatives del modelat càrstic dins del conjunt d'aquests territoris insulars. El paisatge geomòrfic resultant cal interpretar-lo des d'una perspectiva pluricausal, que consideri l'arxipèlag com una cruïlla de modelats diversos que interactuen durant els darrers milions d'anys, amb la complicació addicional que suposa la inestabilitat espacial i temporal del nivell de base, representat per la posició del nivell marí en cada moment i els controls de tipus estructural. Les dades quantitatives i qualitatives aportades en aquest treball pretenen aportar informacions que il·lustrin la dialèctica que s'estableix entre els modelats enunciats, que es materialitza en un conjunt de interferències entre l'erosió litoral, la evolució de la xarxa fluvial,

la dinàmica de vessants associada a ambdós sistemes d'erosió, sense oblidar, finalment, el modelat càrstic i la hidrologia subterrània que es dona a les roques carbonàtiques. És problemàtic intentar establir la importància relativa dels sistemes morfogènics implicats, encara que els modelats litoral i fluvial semblen el més determinants, amb una incidència clara però no significativa dels processos de carstificació.

AGRAÏMENTS

Les informacions cartogràfiques de l'arxipèlag de Cabrera, que han servit de base per a l'elaboració d'aquest treball, han estat gentilment subministrades per l'Institut Municipal d'Innovació (IMI), de l'Ajuntament de Palma; cal agrair a D. José Manuel Miñano –cap del Departament de Cartografia de l'IMI–, i per extensió a tot el personal del citat departament, la seva implicació en el coneixement geogràfic d'aquests territoris pertanyents al terme municipal de Palma. Aquestes tasques s'emmarquen dins del projecte d'investigació CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE) sobre carst litoral i canvis del nivell marí a Mallorca.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). 1993. *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 778 pp.
- Alcover, J.A., Font, A. i Trias, M. 1997. Primera troballa de fauna vertebrada pliocènica a Cabrera. *Endins*, 21: 79-82.
- Bosak, P., Ford, D.C. i Glazek, J. 1989. Terminology. In: Bosak, P. (ed.). *Paleokarst. A systematic and regional review*. Academia, Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences. Praga. 25-32.
- Encinas, J.A. 2014. *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor, Pollença. 1355 pp.
- Ginés, A. 1993. IX. Morfologies exocàrstiques. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 153-160.
- Ginés, A. 2009. Karrenfield landscapes and karren landforms. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds.). *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9. Ljubljana. 13-24.
- GOB (Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Naturalesa). 1990. *L'arxipèlag de Cabrera, un Parc Nacional en litigi*. Editorial Moll, Palma. 181 pp.
- Gómez-Pujol, L. 2006. Karren litoral i bioerosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca: resum de les principals contribucions de la tesi doctoral "Patrons, taxes i formes d'erosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca". *Endins*, 30: 121-134.
- Guijarro, J.A. 1993. X. Climatologia. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 161-174.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56: 275-370.
- Martínez-Rius, A., Rodríguez-Fernández, R., Pedrera, A. i Gordiola, P. 2018. *Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Guía Geológica*. In: Rodríguez-Fernández, R. (ed.). Guías Geológicas de Parques Nacionales. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 206 pp.
- Montoriol-Pous, J. 1961. El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 12 (1-2): 5-34.
- Montoriol-Pous, J. 1971. Nota sobre la gènesi de la Foradada (Conejera, Balears). *Geo y Bio Karst*, 28: 17-19.
- Montoriol-Pous, J. 1972. Estudio de una captura kárstico-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- Morales, R., Robledo, P.A., Durán, J.J. i Castro, A. 2016. Capítulo 6: Las aguas subterráneas en el archipiélago de Cabrera. In: Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 143-170.
- Ordinas, A. 2016. Capítulo 13: El reflejo de la gea, el paisaje y la vida en la toponimia del Parque Nacional de Cabrera. In: Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 341-362.
- Rita, J., Ballesteros, E., Ginés, A., McMinn, M. i Pérez, V. 2016. Capítulo 8: Tejiendo naturaleza: el archipiélago de Cabrera, lugar de encuentro y armonía entre la gea, la fauna y la flora. In: Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 201-231.
- Robledo, P.A. (ed.). 2016. *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 383 pp.
- Robledo, P.A., Durán, J.J., Tienda, A. i Castañer, R. 2016. Capítulo 7: El agua y el karst: los escultores del relieve. In:

- Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 171-200.
- Rodríguez-Perea, A. i Servera, J. 1993. II. Geomorfologia. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 33-60.
- Rosselló Verger, V.M. 1964. *Mallorca. El Sur y Sureste*. Cámara Oficial de Comercio Industria y Navegación de Palma de Mallorca. Gráficas Miramar, Palma. 53-57.
- Rosselló Verger, V.M. 1995. Les cales: un fet geomòrfic epònim de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 38: 167-180.
- Rosselló Verger, V.M. 2005. Cala, una mesoforma litoral: concepte, models i aproximació morfomètrica. *Cuadernos de Geografía*, 7: 1-18.
- Sàbat, F., Santanach, P. i Casas, J.M. 1993. III. Estructura geològica. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 61-77.
- Servera, J. 1993. I. Generalitats fisiogràfiques. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 25-32.
- Strahler, A.N. 1964. Quantitative analysis of drainage basins and channel networks. *In: Chow, V.T. (ed.) Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill. New York. 4: 39-76.
- Trias, M. 1993. VIII. Catàleg espeleològic. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 131-152.
- Trias, M., Ramis, D., Riera, M., Llovera, P., Salom, J. i Riera, M.M. 2009. Noves aportacions al coneixement de la Cabrera prehistòrica (Illes Balears). *Endins*, 33: 125-138.

EL RELLEU SUBMARÍ DEL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Miquel Canals

Galderic Lastras

Jesús Rivera

David Amblàs

Antoni M. Calafat

GRC en Geociències Marines; Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà; Facultat de Ciències de la Terra; Universitat de Barcelona;

Instituto Español de Oceanografía; Madrid

GRC en Geociències Marines; Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà; Facultat de Ciències de la Terra; Universitat de Barcelona;

miquelcanals@ub.edu

Canal, M., Lastras, G., Rivera, J., Amblàs, D. i Calafat A.M. (2020). El relleu submarí del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera. *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Els fons marins del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera presenten una notable diversitat pel que fa al seu relleu, amb una marcada asimetria tant est-oest com nord-sud. Així, els fons situats a l'est dels illots septentrionals configuren una extensa planassa delimitada per la isòbata de 55 m, damunt la qual s'hi desenvolupen un seguit de barres i crestes cimentades, amb ones de sediment gegants intercalades. En canvi, cap a l'oest, es guanya profunditat ràpidament. Al nord de l'arxipèlag les fondàries són sensiblement menors que no pas al sud, on a molt poca distància de la costa s'assoleixen els 100 m. Els fons situats al sud de Cabrera Gran presenten un extens camp d'ones de sediment pregones orientades de nord a sud, és a dir transversalment a les isòbates. A l'extrem sud-oriental del Parc s'observen unes grans barres cimentades d'orientació mitjana oest-est que semblen tenir continuïtat en direcció a llevant, fora de l'àrea cartografiada. A més, hom descriu i interpreta per primer cop altres elements singulars del relleu submarí, com ara un camp de dunes en mitja lluna, monticles i agrupacions de protuberàncies que localment donen un aspecte granellut al fons, terrasses i esglaons a la plataforma interna, esteles de sediments als freus, un canal submarí al llarg del tàlveg d'Es Port, el rebliment sedimentari de cales i badies, i fins i tot un possible dipòsit d'esllavissament submarí enfora del cap de Lleibeig.

Alguns elements del relleu submarí semblen tenir una relació directa amb l'estructura geològica observable a Cabrera Gran i als illots menors. El cas aparentment més obvi és el de la vall submarina d'Es Port, associada a un front d'encavalcament de direcció sud-est a nord-oest que a terra determina el traçat del canal de ses Figueres, que vertebrava el principal subsistema de drenatge de tot l'arxipèlag. La continuació dels forts desnivells i penya-segats costaners cap als fons marins també es palesa en nombrosos indrets.

Per últim, la fisiografia i el relleu submarí, així com la naturalesa dels materials que a cada indret el formen i l'acció dels processos oceanogràfics, tenen un paper determinant en la composició i distribució dels hàbitats bentònics propis del Parc Nacional.

Paraules clau: *Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera, Cartografia submarina, Batimetria de multifeix, Pendent, Intensitat de retrodifusió, Formes del relleu submarines, Ones de sediment, Barres cimentades, Terrasses submarines, Paleolínies de costa, Esteles de sediment, Hàbitats bentònics, Illes Balears*

ABSTRACT

The seafloor relief of the Cabrera Archipelago National Park displays a noticeable diversity, with a pronounced asymmetry both east-west and north-south. East of the northern islets there is a

wide platform bounded by the 55 m isobath, on top of which a number of cemented sandbars and sand ridges occur, together with interspersed giant sediment waves. In contrast, water depth increases rapidly westward. To the north of the archipelago depths are markedly shallower than in the south, where 100 m depth are reached at short distance from shore. The seabed southward of Great Cabrera Island shows a large field of north-south oriented deep sediment waves, i.e. normal to the local isobaths. At the southeastern corner of the Park there are some large cemented sandbars with a west-east mean orientation that seem to continue eastward, beyond the mapped area. Other outstanding submarine landforms that appear locally include a barchan dune field, mounds and bumps clusters, terraces and steps on the inner shelf, sediment tails in the straits between islets, a submarine channel following the thalweg of Es Port, the sediment infill of some small coves and bays, and even a possible submarine landslide deposit off Llebeig cape. All these elements are described and interpreted for the first time in this contribution.

Some of the seafloor landforms seem to relate directly with the geological structure of Great Cabrera and the smaller islets. The submarine valley along the axis of Es Port is the best example, as it seems to be associated to a south-east to north-west oriented thrustfront that also controls the path of ses Figueres channel inshore, which is the main course of the principal subaerial watershed in the entire archipelago. The continuation of the pronounced slopes and coastal cliffs into the sea becomes also obvious in numerous places.

Finally, the overall physiography and the seafloor relief, together with variations in its constitution from place to place and the action of oceanographic processes, play a key role on the composition and distribution of benthic habitats occurring across the National Park.

Keywords: *Cabrera Archipelago National Park, Seafloor mapping, Multibeam bathymetry, Slope gradient, Backscatter, Seabed landforms, Sediment waves, Beachrocks, Submarine terraces, Paleoshorelines, Sediment tails, Benthic habitats, Balearic Islands*

INTRODUCCIÓ

Les illes Balears són la part emergida de l'anomenat promontori Balear, d'orientació general SSO-ENE, de 350 km de llarg i entre 105 i 155 km d'ample (Figs. 1 i 2). Geològicament, el promontori és l'extensió nord-oriental de les serralades Bètiques del sud de la península Ibèrica cap a l'interior de la mar Mediterrània Occidental. Per la seva posició i configuració, el promontori Balear separa la conca pregona Algerobaleare, de 2.700 m de fondària, situada al sud, entre les illes i el nord d'Àfrica, de l'anomenat solc de València, situat al nord del promontori, on només al seu extrem nord-oriental s'ultrapassen els 2.000 m. Per l'est, el promontori Balear limita amb la conca Algeroprovençal, mentre que per l'oest el canal d'Eivissa separa el promontori de la plataforma continental alacantina (Canals *et al.*, 1982; Medimap Group, 2007; Camerlenghi *et al.*, 2009). En aquest context, l'arxipèlag de Cabrera se situa justament penjat al límit septentrional de la conca Algerobaleare, l'obertura de la qual s'hauria iniciat al Miocè inferior, al Burdigalià, fa uns 20 milions d'anys. Hom creu que sota els sediments miocens i plio-pleistocens de la conca Algerobaleare hi ha escorça oceànica de només 16 milions d'anys d'antiguitat, és a dir del Miocè mig, formada a partir d'un centre d'expansió enterrat anomenat Dorsal d'Anníbal (Mauffret *et al.*, 2004; Panza *et al.*, 2007).

Els talussos que envolten el promontori Balear són majoritàriament abruptes o molt abruptes (3°-20°), amb menció especial pels talussos meridional (conegut com escarpament de l'Emile Baudot), oriental i nord-oriental (escarpament de Menorca) i també el talús septentrional de Mallorca i Menorca (Figs. 1 i 2). Els escarpaments de l'Emile Baudot i de Menorca comporten un desnivell de 2.500 m des de la vora de plataforma, a 100-130 m de fondària, fins el peu del talús, mentre que al nord i oest d'Eivissa el pendent del talús és més suau (1°-2°) i el desnivell de l'ordre de 1.000 m o menys. El braç de mar que s'obre entre les Pitiüses i la costa alacantina, anomenat canal d'Eivissa, assoleix 800 m de fondària màxima amb l'excepció d'una depressió estreta al peu del mont submarí de Xàbia, que s'estén d'oest a est al bell mig del canal, on s'ultrapassen, de poc, els

900 m de fondària (Lastras *et al.*, 2004). Alguns d'aquests talussos, especialment els més abruptes, estan solcats per nombroses valls o canyons submarins amb un recorregut de poques desenes de quilòmetres (Acosta *et al.*, 2001), amb l'excepció del canyó submarí de Menorca (Figs. 1 i 2). Aquest canyó, amb un curs superior format per tres branques principals, s'inicia a poc mes de 5 km de la costa de migjorn de Menorca, entorn els 80 m de fondària, i sembla assolir una profunditat propera als 2.600 m a la seva gola, més enllà de l'escarpament de l'Emile Baudot, al sud de Mallorca (Acosta *et al.*, 2002, 2004a).

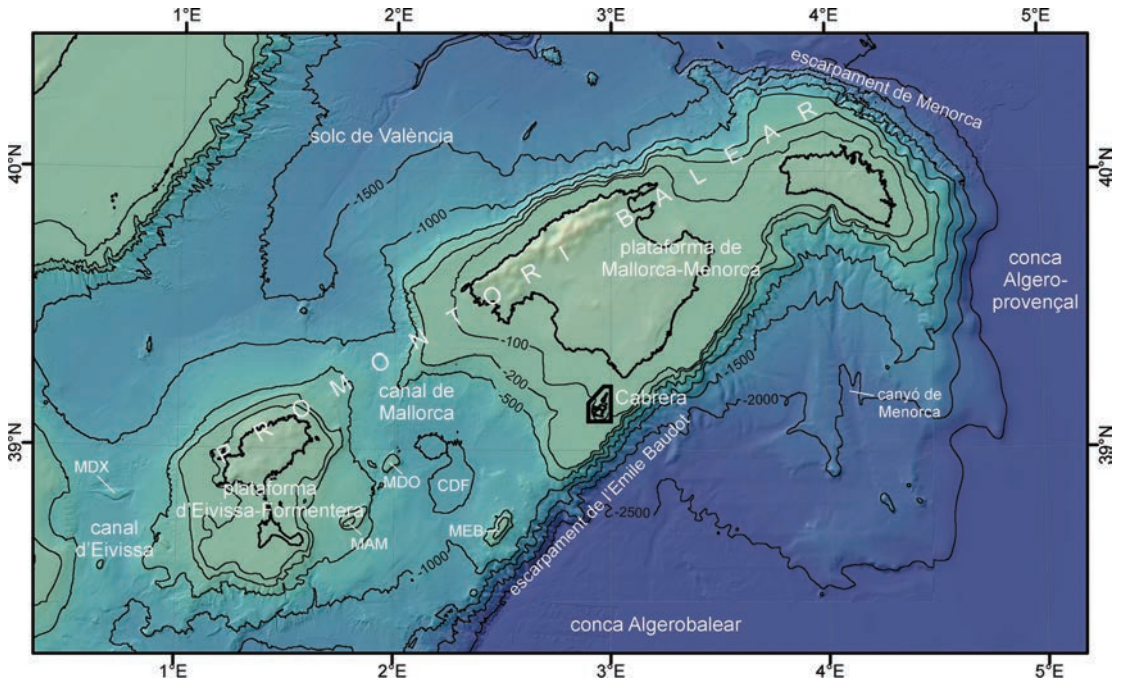


Figura 1 Mapa batimètric general del promontori Balear on s'indica la situació del Parc Nacional de Cabrera. CDF: Cubeta de Formentera. MAM: Mont d'Ausiàs March. MDO: Mont dels Oliva. MDX: Mont de Xàbia. MEB: Mont de l'Emile Baudot. Isòbates en metres.

La part submergida més soma del promontori Balear està dividida en dues plataformes, la de Mallorca-Menorca i la d'Eivissa-Formentera, separades pel canal de Mallorca, que s'obre entre les costes d'Andratx i Santa Ponsa, a Mallorca, i les de l'extrem nord-oriental d'Eivissa, amb una fondària màxima de 740 m (Acosta *et al.*, 2004b) (Figs. 1 i 2). El mateix canal de Mallorca, juntament amb les vores de plataforma del sud-oest de Mallorca, inclòs l'arxipèlag de Cabrera, i del sud-est i est de les Pitiüses, i els monts submarins dels Oliva, d'Ausiàs March i de l'Emile Baudot, encerclen una àmplia depressió a l'interior del promontori, de fins 1.125 m de fondària, que se situa entre Mallorca i les Pitiüses, al sud del canal de Mallorca i al nord de l'escarpament de l'Emile Baudot, anomenada cubeta de Formentera (Canals *et al.*, 1982; Medimap Group, 2007). A Mallorca, el mont de l'Emile Baudot és conegut també amb el nom de Fort del Francès. És una de les muntanyes submarines més notables dels Països Catalans, situada a poc més de 70 km al sud-oest de l'illa de Cabrera Gran. Està formada per més de 100 pitons volcànics que configuren un edifici principal i un seguit d'edificis satèl·lits menors (Ballesteros *et al.*, 2013).

La superfície de les dues plataformes és ben diferent, essent la de Mallorca-Menorca més del doble (6.418 km²) que la d'Eivissa-Formentera (2.709 km²), segons Acosta *et al.*, (2002). La forma general d'ambdues plataformes també és dissimilar. Així, la plataforma de Mallorca-Menorca s'assembla a dos rectangles entorn les illes de Mallorca i Menorca, d'orientació major SSO-ENE i NO-SE, respectivament, units a l'alçada del canal de Menorca, de poc més de 100 m de fondària, que s'obre entre les dues illes. En canvi, la plataforma d'Eivissa-Formentera té una forma grollerament ovalada entorn les dues illes principals. Les dimensions màximes d'ambdues plataformes segons el seu eix major i la direcció transversal són de 190 km i 95 km en el cas de Mallorca-Menorca, i de 75 km

i 60 km en el cas d'Eivissa-Formentera. La profunditat de la vora de plataforma és força semblant, entre 116 m i 150 m a Mallorca-Menorca, amb una mitjana de 138 m, i entre 100 m i 138 m a Eivissa-Formentera, amb una mitjana de 119 m. Pel que fa a l'amplada de la plataforma, és a dir la distància entre la línia de costa i la vora de plataforma més propera, també és força variable: entre un mínim de 3 km al SE de Menorca i un màxim de 35 km al sector de cap de ses Salines-arxipèlag de Cabrera, a Mallorca-Menorca, i un mínim de 2 km a l'est de Formentera i 25 km a l'oest de Formentera, a Eivissa-Formentera. La inclinació mitjana de la plataforma és, com el propi nom d'aquest element fisiogràfic indica, escassa: entre $0,23^\circ$ i $3,43^\circ$ a la plataforma de Mallorca-Menorca, i entre $0,37^\circ$ i $4,11^\circ$, a la plataforma d'Eivissa-Formentera (Acosta *et al.*, 2002)

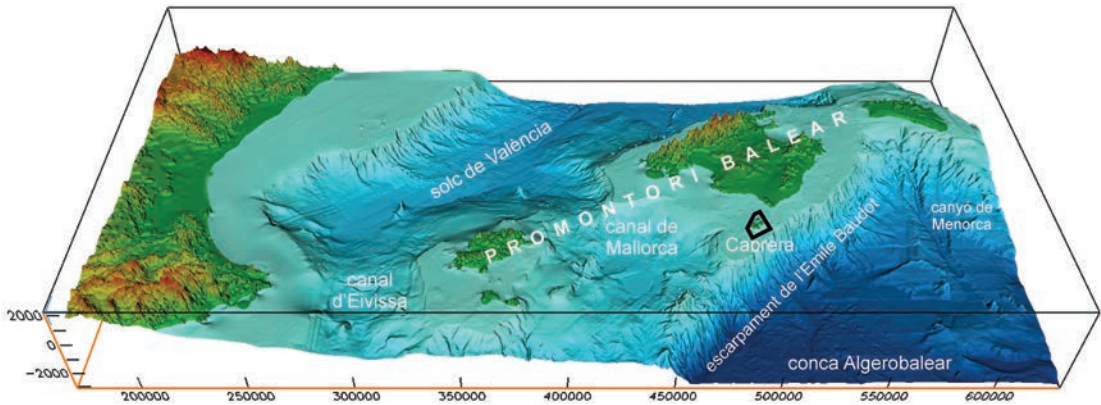


Figura 2 Imatge 3D del promontori Balear vist des del sud. El polígon negre mostra la situació del Parc Nacional de Cabrera.

És en aquest context que se situa el Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera ("PN de Cabrera" o, senzillament, "el Parc" d'ara en endavant, per motius de concisió), a l'extrem sud-occidental de la plataforma de Mallorca-Menorca, justament on la mateixa assolix la seva amplada màxima. Hom pot considerar les illes i illots que formen l'arxipèlag de Cabrera com un aflorament meridional de la serra de Llevant de Mallorca. L'arxipèlag consta d'una illa principal, anomenada Cabrera, i també Cabrera Gran quan hi pot haver confusió amb el nom del conjunt de l'arxipèlag, i 18 illes menors i illots, de les quals la més extensa és l'illa des Conills. A més, hi ha un gran nombre de niells i esculls. Cabrera Gran ocupa una superfície d'11,5 km², i assolix la cota màxima al cim de Na Picamosques¹, amb 172 m d'altitud (Servera, 1993).

Sota l'aigua, i en direcció est, sud-est i sud, i a una distància mínima de 3 km del límit del Parc, hi queda la vora de plataforma, la qual dona pas a l'escarpament de l'Emile Baudot, mentre que cap al sud-oest i l'oest, també fora dels límits del Parc i a una distància d'uns 10 km, la plataforma s'aboca al talús que s'obre a la cubeta de Formentera. Tota l'àrea que envolta el Parc pel nord correspon a la plataforma aigües enfora del tram costaner comprès entre el cap de ses Salines i el cap Blanc, al sud-oest de Mallorca (Figs. 1 i 2).

L'objectiu d'aquest capítol és descriure i il·lustrar el relleu submarí del PN de Cabrera i la seva perifèria més immediata, tot i intentant explicar els factors causatius dels seus elements morfològics més conspicus. Hom també mira d'establir les relacions entre les formes del relleu submarí i la geologia de l'arxipèlag, per una banda, i la distribució dels diferents tipus de fons i de les comunitats bentòniques que els poblen, per una altra.

¹ Per la toponímia del PN de Cabrera hem seguit Trias (1993) i, en menor mesura, la simplificada a ITGE (1991).

METODOLOGIA

L'estudi del relleu submarí del PN de Cabrera que aquí es presenta es basa en un conjunt de dades de batimetria de multifeix que foren adquirides pel GRC en Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (UB) amb la col·laboració de l'*Instituto Español de Oceanografía* (IEO) el mes de juliol de l'any 2014, durant la campanya oceanogràfica ASTARTE-BAL a bord del *V/O Francisco de P. Navarro*², pertanyent al mateix IEO. La campanya fou finançada a través de la UB pel projecte ASTARTE (*Assessment, STrategy And Risk Reduction for Tsunamis in Europe*), del VII Programa Marc de la Comissió Europea. Prèviament a la realització de la campanya hom sol·licità i obtingué els permisos corresponents de les autoritats competents.

Per adquirir les dades de batimetria de multifeix hom emprà una ecosonda EM-3002D³ de Kongsberg instal·lada en el buc del vaixell. Aquesta ecosonda pot muntar-se en configuració senzilla (un transductor o capçal emissor-receptor) o dual (dos capçals emissors-receptors), que fou l'emprada. L'alta freqüència a què treballa (300 kHz), la seva elevada taxa d'emissió (fins 40 Hz), i l'alt nombre de mesures per tret amb un total de 640 feixos amb un angle de 1,5° cadascun, fan que sigui una ecosonda idònia per a la cartografia d'alta resolució del fons marí a fondàries compreses entre 1 i 150 m, aproximadament. Abans d'iniciar l'adquisició hom efectuà unes línies de calibració del sistema de multifeix d'acord amb els protocols establerts a fi i efecte de corregir possibles desviaments angulars deguts al caboteig, l'escora i el balandreig de l'embarcació, i de garantir la millor qualitat de les dades.

Depenent de les seves característiques i configuració, i també de la profunditat d'aigua, les ecosondes de batimetria de multifeix insonifiquen un passadís més o menys ample del fons marí a mesura que el vaixell va avançant, generalment a velocitats compreses entre 5 i 7 nusos. En funció de totes aquestes variables hom obtindrà una major o menor densitat de dades del fons marí, cosa que repercuteix directament en la resolució i validesa dels productes cartogràfics. L'EM-3002D permet assolir una amplada màxima per passada de 5,5 vegades la profunditat d'aigua sota els transductors, amb un màxim d'uns 800 m. La reiteració de passades, preferiblement en la mateixa direcció, amb un solapament parcial a banda i banda, permet recobrir en la seva integritat l'àrea del fons marí objecte d'investigació.

En el cas de la campanya oceanogràfica ASTARTE-BAL, hom operà en mode equidistant, és a dir fent que l'amplada sobre el fons de cada passada fos constant, amb independència de la profunditat d'aigua. Aquesta estratègia permeté maximitzar el nombre de feixos útils, a més de facilitar la planificació de les passades successives i homogeneïtzar la resolució de la malla batimètrica obtinguda, augmentant així la seva resolució. L'adquisició es feu en mode mosaic, és a dir mitjançant línies de navegació paral·leles amb recobriment complet del fons marí. Hom ajustà la separació entre línies segons la profunditat, dins d'un rang comprès entre 80 m a les parts més somes i 250 m a les parts més pregones. L'ajustament de l'amplada sobre el fons de cada passada fou fet en conseqüència, variant entre 160 m i 340 m, amb un solapament de com a mínim el 20% entre passades successives. Del procediment general descrit se n'exceptuen les línies més properes a la costa, en què hom obrí al màxim el conjunt de feixos situats al costat de menys fondària a fi i efecte d'obtenir un recobriment tan ample com fos possible, atenent també al fet que no es farien passades més enganxades a la costa. Durant la campanya hom adquirí periòdicament, en diferents punts, perfils verticals de la velocitat del so a la columna d'aigua amb un perfilador *SVPlus V2* d'*Applied Microsystems*. Els perfils obtinguts s'anaven bolcant en el sistema de multifeix emprant els protocols establerts a l'efecte, de manera que les profunditats mesurades fossin tan precises com fos possible.

2 Vegeu-ne les característiques a: <http://www.ba.ieo.es/es/presentacion/equipamiento/buques-oceanograficos/229-bio-francisco-de-paula-y-navarro>.

3 Vegeu-ne les característiques completes a: https://www.kongsberg.com/globalassets/maritime/km-products/product-documents/164771ae_em3002_product_spec_lr.pdf

Per l'operació i el control de l'ecosonda i per l'adquisició de les dades a bord en temps real hom emprà el *Seafloor Information System* (SIS), v3.8.3, de Kongsberg Simrad, el qual compta amb un seguit d'interfícies gràfiques i eines que faciliten enormement aquestes tasques, incloses la verificació del calibratge del sistema i de la qualitat de les dades a mesura que hom les va obtenint.

Les dades obtingudes amb l'ecosonda de multifeix foren primerament preprocessades a bord, la qual cosa permeté generar de manera immediata malles amb una resolució de 10 m. Posteriorment, ja a terra, les mateixes dades foren processades de manera més acurada. En ambdós casos hom emprà el software *HIPS and SIPS* (*Hydrographic Information Processing System and Sonar Information Processing System*), v8.1.8, de CARIS (*Computer Aided Resource Information System*), el qual compta amb un seguit d'eines que permeten processar i assegurar la qualitat de les dades de batimetria de multifeix de manera automàtica i manual.

El processament dut a terme tingué com a finalitats principals corregir els efectes distorsionadors sobre les dades batimètriques derivats de: (i) els moviments del vaixell esmentats més amunt, (ii) les oscil·lacions de marea (de fins 28 cm durant la campanya ASTARTE-BAL), (iii) els artefactes causats per dades errònies, les quals foren identificades i suprimides, i (iv) les variacions de la velocitat de propagació del so a la columna d'aigua respecte a les entrades en el sistema durant l'adquisició. A partir del processament de les dades en sentit estricte, hom pogué generar malles o, si es vol, models digitals del terreny (MDTs), d'1 m de pas de malla. Els fitxers resultants, en format ASCII (American Standard Code for Information Interchange), amb els valors x, y, z (latitud, longitud, profunditat) de cada node de la malla, foren importats al sistema d'informació geogràfica ArcGIS per visualitzar, gestionar i editar un seguit de productes cartogràfics, entre els quals mapes batimètrics, batimètrics amb relleu ombrejat, de pendents i d'intensitat de retrodifusió (*backscatter*), així com talls batimètrics senzills i imatges 3D (cf. aptat. *Resultats*).

Els **mapes batimètrics** mostren el relleu submarí mitjançant un seguit de línies d'igual valor de profunditat anomenades isòbates. Depenent del rang de profunditat i de l'escala del mapa hom emprà una o altra equidistància entre isòbates (e.g. 1 m, 10 m, 100 m). Els **mapes batimètrics amb relleu ombrejat** afegeixen als anterior un efecte artificial d'ombrejat que hom obté aplicant un o més punts de llum simulats situats a l'alçada i direcció desitjats. Normalment, hom decideix la il·luminació més adequada després d'un seguit de proves. En ambdós tipus de mapes, la utilització de paletes de color ajuda a millorar encara més la visualització i la comprensió ràpida del relleu submarí que es mostra. En general, els colors càlids (vermell, taronja, groc) corresponen als fons més somers, mentre que els colors freds (verd, blau, lila) corresponen als fons més pregons.

Els **mapes de pendents** mostren el desnivell del fons marí, habitualment en graus i emprant una paleta de tons de gris, la qual ajuda també a donar un efecte visual d'imatge en relleu. No s'acostuma a emprar línies d'igual pendent doncs això, quan el pendent no varia de manera regular, que sol ser la situació més comú, donaria lloc a uns mapes amb un excés de pegats generalment allargassats i de dimensions molt variables.

Els **mapes d'intensitat de retrodifusió** expressen la quantitat d'energia acústica retrodifosa pel fons i el subfons més somers, i, d'alguna manera, són indicadors del tipus de fons, si més no des del punt de vista acústic. Tot i així, la intensitat de retrodifusió es veu afectada per un seguit de variables que en el món real es difícil tenir ben acotades, com ara la rugositat del terreny, el pendent i la seva orientació, la densitat dels materials o la presència de recobriment vegetal més o menys dens i, naturalment, el mateix angle d'incidència dels feixos acústics. De fet, l'alteració en la resposta acústica deguda a aquestes i a altres variables pot donar lloc a un seguit de "**facies acústiques**" que hom emprà sovint per identificar i cartografiar diferents tipus de fons. Com en el cas dels mapes de pendents, per a representar la intensitat de retrodifusió hom utilitza habitualment una paleta de tons de gris ajustada a una escala de valors relatius o en decibels.

Convé assenyalar que la cartografia batimètrica de multifeix del PN de Cabrera en què es basa aquesta contribució no és ni la primera ni, per tant, l'única, però sí que és, creiem, la més completa pel que fa a recobriment, doncs abasta tot el Parc i encara més enllà, amb l'excepció d'alguns

sectors enganxats a les costes de les illes i illots, compreses algunes badies i cales, com ara Es Port, a Cabrera Gran. Aquest fet és degut, principalment, a qüestions de seguretat durant la navegació, sigui per calats massa escassos, inclosa la presència de baixos o esculls, o directament per un excés de proximitat a la costa.

Convé esmentar també que la combinació de mapes batimètrics, de pendents i d'intensitat de retrodifusió és una eina molt poderosa per identificar, sempre i quan assoleixin unes mides mínimes ajustades a la resolució de les malles generades (és a dir, a partir d'1 m en el cas que ens ocupa), la pràctica totalitat de formes del relleu de l'àrea cartografiada. I això és així perquè, sovint, i tenint en compte també els recursos de visualització emprats, hi ha formes del relleu que es veuen millor en un o uns determinats mapes i pitjor (o, de vegades, ni tan sols són visibles) en altres mapes. Per tant, amb la combinació esmentada hom s'assegura a la pràctica que cap forma rellevant del relleu submarí s'escapi a l'escrutini de l'investigador.

RESULTATS

TRETS GENERALS DEL RELLEU SUBMARÍ

El mapa batimètric del PN de Cabrera mostra com, seguint la direcció NE-SO, al llarg de la qual s'alineen els illots situats més al nord ("illots septentrionals" d'ara en endavant) i la mateixa illa de Cabrera Gran, la profunditat tendeix a augmentar, des d'una extensa àrea amb menys de 50 m de profunditat situada a l'extrem nord-est fins 120 m al vèrtex sud-oest del Parc (Figs. 3, 4 -tall A-A'-, i 5).

El mateix mapa batimètric permet identificar tres sectors ben diferenciats, que anomenarem "sector nord", "sector central" i "sector sud" (Fig. 3). El **sector nord** és, amb diferència, el més som. Correspon als baixos i a la plataforma que s'estenen al nord de l'extrem nord-est de Cabrera Gran, envoltant el rosari que formen els illots septentrionals, des de Na Redona i l'illa des Conills, al sud, fins Na Foradada, a l'extrem nord. A l'est de l'esquenall format pels illots septentrionals, la major part del sector queda circumscrit dins la isòbata de 50 m, mentre que cap a l'oest la isòbata limitant és la de 75 m. Aital configuració dona un perfil transversal asimètric, més suau cap a l'est i més rostre cap a l'oest (Fig. 4, tall B-B'). A l'est dels freus que separen Cabrera Gran de Na Redona i aquesta de l'illa des Conills, i també a l'est dels illots septentrionals menors, s'hi desenvolupa una extensa planassa que, dins els límits del Parc i en direcció oest-est, assoleix 3 km d'amplària. Aquesta planassa, que anomenarem "planassa de l'illa des Conills" i que té el vorell a 50-55 m de fondària, enllaça cap al nord i nord-est amb l'extensa plataforma interna que s'estén fins el cap de Ses Salines, a uns 8 km de distància, a l'extrem sud-occidental de l'illa de Mallorca. El relleu d'aquesta planassa presenta nombroses irregularitats, amb clapes amb una rugositat molt marcada i un seguit de formes de fons allargassades en direcció SSO-NNE que hom descriu en detall i interpreta més endavant (cf. aptat. *Interpretació i discussió*). A tocar del límit nord-oriental de Cabrera Gran, en el mateix freu de Na Redona, el perfil batimètric transversal mostra l'acabament meridional de la planassa de l'illa des Conills. A banda i banda del freu, la fondària augment força ràpidament, tant cap al nord-oest com cap al sud-est (Fig. 4, tall C-C').

Dins d'aquest sector nord, **els freus** que separen les diferents illes i illots són, naturalment, elements destacats de la geografia del Parc. Al tractar-se de constriccions batimètriques relativament somes hom pot pressuposar que tinguin un paper de certa rellevància en la dinàmica de les aigües i els sediments dins el PN de Cabrera (cf. aptat. *Interpretació i discussió*). Els freus principals són el freu de Na Redona, de gairebé 1 km d'ample; el freu de l'illa des Conills, entre aquest illot i Na Redona, d'1,2 km d'ample; i el freu de Na Plana, entre aquest illot i l'illa des Conills, d'1,5 km d'ample. Les fondàries d'aquest freus són de 22 m i 23 m els dos primers, i de 19 m el tercer (Fig. 5). Més cap al nord, els freus més angostos que separen els illots de Na Plana i Na Pobra, i Na Pobra de l'illot Pla, tot just assoleixen els 8 m i 7 m de profunditat, respectivament. Finalment, ja a l'extrem nord, el freu que separa l'illot Pla del grup de Na Foradada, de poc menys de 300 m d'amplària, torna a ésser força més pregon, amb 26 m. El petit braç de mar que separa l'illot de Na Foradada de la

mateixa Na Foradada amb prou feines assoleix els 5 m, i puntualment menys i tot (<http://www.ideo-cabrera.ideo.es/>).

El **sector central** quedaria abraçat per les isòbates de 75 i 100 m i s'estén sobretot cap al nord i l'est de l'illa de Cabrera Gran i, en menor mesura cap a l'oest i el sud (Fig. 3). El relleu submarí és notablement abrupte, amb profunditats considerables a molt poca distància de la costa. Així, la isòbata de 75 m rarament es troba a més de 1 km de la línia de costa. En aquest sector és on s'obren les principals badies i cales endentades en el retallat litoral de Cabrera Gran, com ara les badies de l'Olla i del codolar de l'Imperial a l'est, les cales entre cap Vermell i l'illot de l'Imperial al sud i, sobretot, Es Port i cala Santa Maria a l'oest (Figs. 3 i 5). El tall longitudinal (Fig. 4, tall A-A') i un tall topobatimètric paral·lel als esmentats més amunt (Fig. 4, tall D-D'), és a dir de direcció NO-SE, il·lustren el perfil abrupte d'aquest sector, caracteritzat per un ràpid guany de profunditat en totes direccions a mesura que augmenta la distància a la costa. Convé assenyalar també la presència d'un seguit de formes del relleu allargassades en direcció OSO-ENE a O-E, segons l'indret, que se situen a l'extrem sud-oriental de l'àrea cartografiada, a les que ens hi tornarem a referir un xic més endavant, dins la descripció del mapa de pendents.

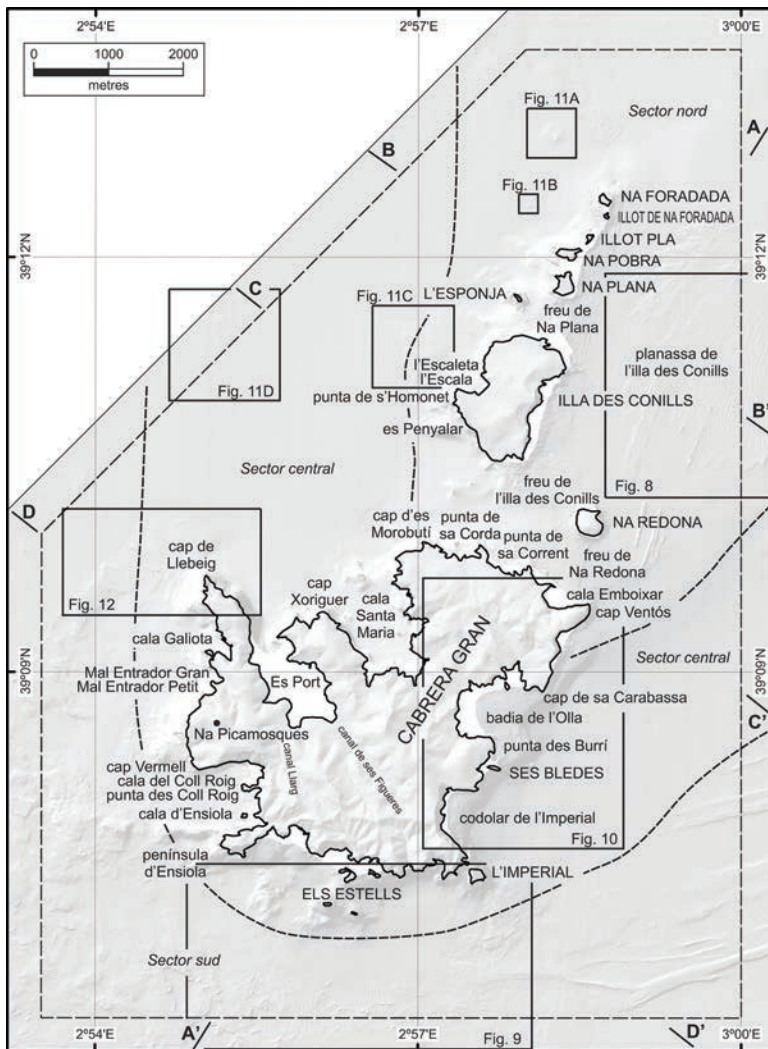


Figura 3 Mapa en relleu ombrejat del PN de Cabrera amb els topònims emprats en el text principal, i la subdivisió en sectors (nord, central i sud; línies discontinuades sinuoses) del fons marí en funció de llur localització geogràfica i profunditats. Les línies A-A', B-B', C-C' i D-D' corresponen als talls de la Fig. 4, mentre que els requadres mostren la situació de les figures 8, 9, 10, 11A, B, C i D, i 12.. El polígon de traços discontinus marca el límit del Parc.

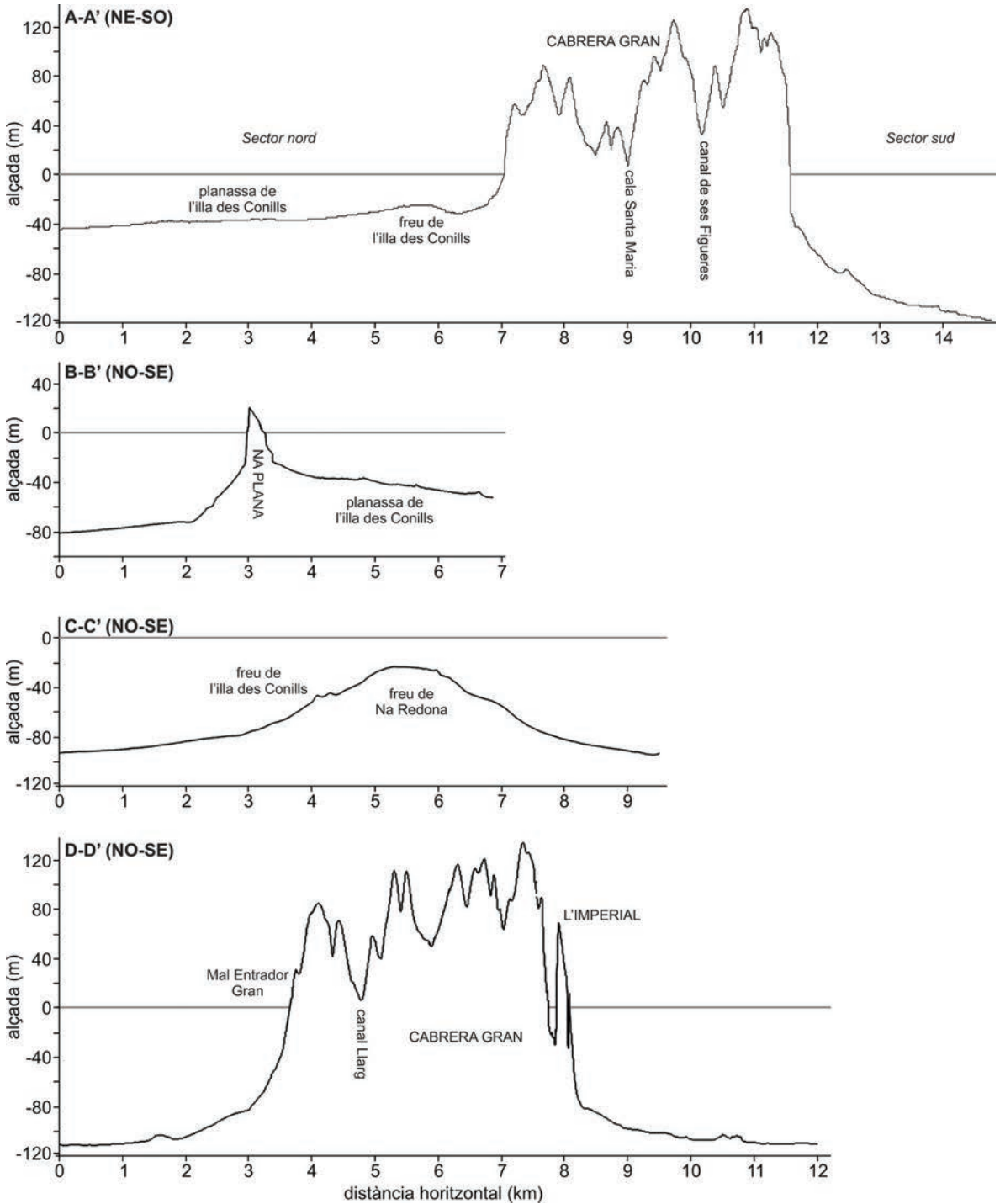


Figura 4 Talls topobatimètrics del PN de Cabrera. A-A': Tall de direcció NE-SO al llarg de l'eix major de l'arxipèlag de Cabrera. B-B', C-C' i D-D': Talls de direcció NO-SE, perpendiculars a l'anterior, a través del sector septentrional, el límit entre els sectors septentrional i central, i el sector central tot i estenent-se cap al sector sud en els extrems. Per la definició dels sectors esmentats, vegeu el text principal i la Fig. 3. L'exageració vertical és de 20 vegades, aproximadament. Situació dels talls a la Fig. 3.

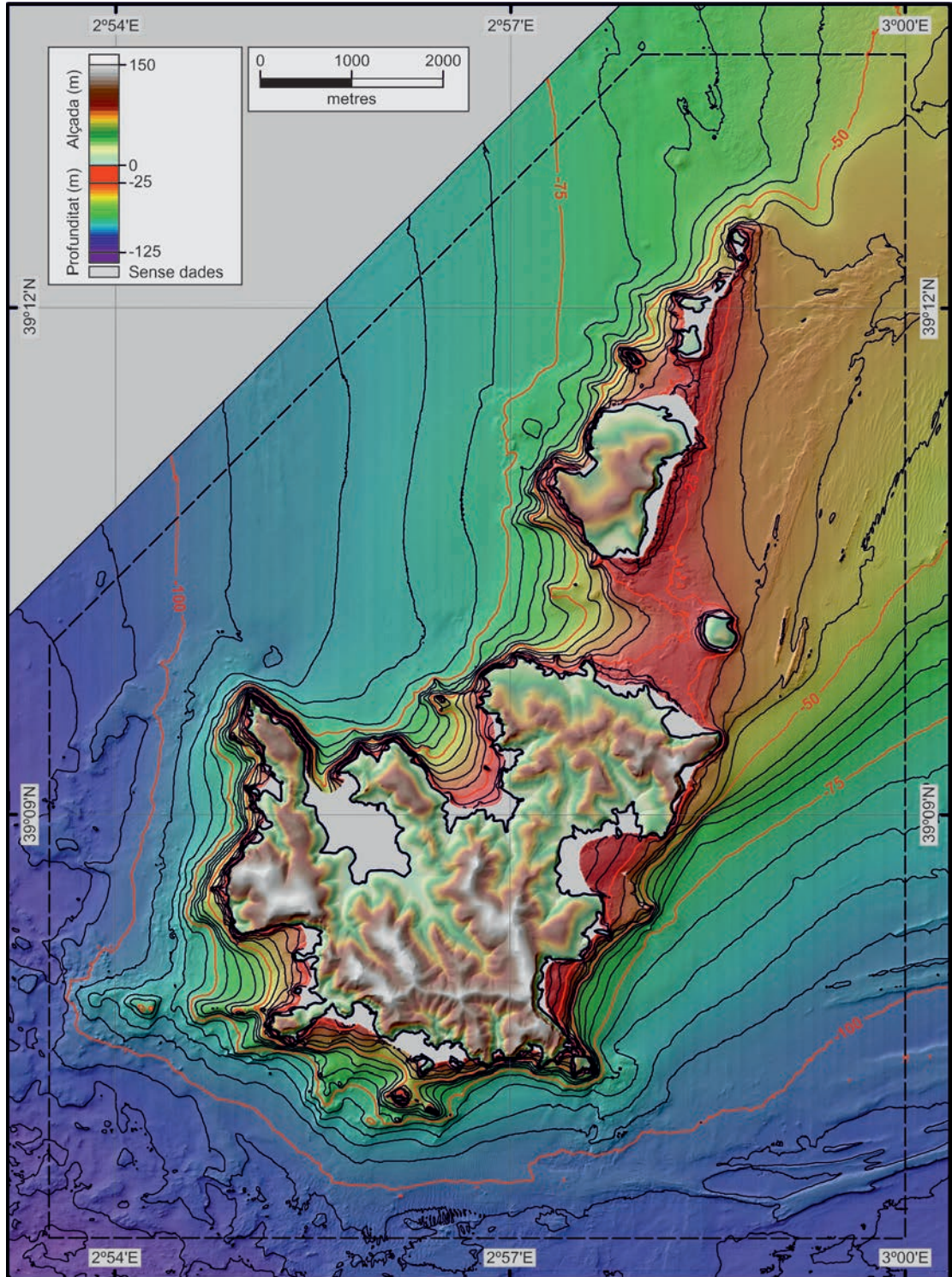


Figura 5 Mapa batimètric en relleu ombrejat del PN de Cabrera confeccionat a partir de dades de batimetria de multifeix. Es mostra també el relleu terrestre. El tènue bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Les isòbates mestres en vermell (en metres) serveixen de referència per comparar les figures 5, 6 i 7.

El sector sud el situem més enllà de la isòbata de 100 m i s'estén, en direcció a la vora de la plataforma insular, ja fora dels límits del Parc, sobretot cap al sud de Cabrera Gran, en direcció al mont submarí de l'Emile Baudot, però també cap a l'oest en direcció a la cubeta de Formentera, i l'est en direcció a l'escarpament de l'Emile Baudot (cf. aptat. *Introducció*). En aquest sector, al sud de l'illa de Cabrera Gran, a més de nombroses irregularitats morfològiques, s'observa entre poc menys de 100 m de profunditat i 115 m una àrea de 4 x 1 km amb l'eix principal orientat oest-est ocupada per formes de fons allargassades de mida variable i orientades nord-sud, és a dir perpendiculars a la tendència general de les isòbates. Donat que estan situades al límit meridional de l'àrea cartografiada, convé no descartar que s'estenguin més cap al sud. Hom deixa llur descripció detallada i interpretació també per més endavant (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*).

Cal esmentar tanmateix que hom ha identificat ací i allà en els fons del PN de Cabrera, més enllà de les esmentades fins aquí, altres formes allargassades menors que ocupen extensions reduïdes. Hom se n'ocupa igualment a l'apartat *Camps d'ones de sediment i de dunes*, més avall.

El **mapa de pendents** dels fons marins del PN de Cabrera mostra que els pendents més pronunciats són enganxats a les costes de l'illa de Cabrera Gran i dels illots septentrionals, amb pendents de 15°-40° (Fig. 6). De fet, a la majoria d'indrets els pendents submarins immediats a la costa són la **continuació directa dels pendents o penya-segats emergits**. Aquesta situació queda ben il·lustrada i es perllonga fins profunditats notables, entre molts altres, al nord de l'illot de l'Imperial (fins 50-75 m), a l'entorn del cap des Falcó (70-75 m), al sud de la petita península d'Enciola (80 m), al voltant de la també petita península del cap de Llebeig (75 m), al cap Xoriguer (70 m) i al cap de Morabutí (65 m), tots ells a l'illa de Cabrera Gran. Als illots septentrionals, són particularment rostos, amb valors superiors als 40°, els fons adjacents a les costes de ponent de l'Esponja (60 m), Na Foradada (40 m) i l'illa des Conills (60-68 m) (Fig. 6).

En alguns indrets, hom pot identificar un, dos o fins i tot tres **terrasses** submergides amb els corresponents **esglaons**. Aquests elements morfològics són prou evidents al mapa de pendents (Fig. 6) i també, tot i que en menor mesura, al mapa batimètric (Fig. 5). Així s'observa, per exemple, enfora de la costa sud-occidental de l'illa des Conills, amb dos o tres esglaons, segons l'indret, entre pràcticament la línia de costa i 60 m de fondària al peu de l'esglaó més pregon i, sobretot, al llarg de bona part de la costa est de Cabrera Gran, amb un o dos esglaons, segons l'indret, també fins 60 m de fondària al peu de l'esglaó més pregon. L'esglaó més prominent és justament a l'est de Cabrera Gran, entre la punta des Burrí i l'illot de l'Imperial, amb 30 m de desnivell, entre 30 i 60 m de fondària. Un petit doble esglaó perfectament rectilini, de 2 m de desnivell total, a tocar de la isòbata de 30 m, s'estén també entre l'extrem nord-est de Cabrera Gran, a cap Ventós, i l'illot de Na Redona. Altres indrets on també pot observar-se com a mínim un esglaó ben marcat se situen al llarg de bona part de la costa sud de Cabrera Gran i del tram de costa que va des de la punta des Coll Roig fins al cap de Llebeig, a la costa de ponent de Cabrera Gran. El peu de l'esglaó únic, o de l'esglaó més profund, se situa entre 60 i 80 m al sud de Cabrera Gran, i entre 65 i 80 m a l'oest.

Les **badies i principals entrants** de Cabrera Gran mereixen uns mots apart, doncs així que hom s'allunya de la costa més immediata presenten pendents força regulars (Figs. 5 i 6). Aquest és particularment el cas de cala Santa Maria, amb un pendent longitudinal força constant de 2-3° entre 15 i 80 m de fondària; de les cales veïnes del Coll Roig i d'Enciola, amb pendents similars entre 25 i 85 m; i de la badia de l'Olla, amb menys de 2°, però en aquest cas només entre 10 i 30 m, doncs més enfora hi ha un esglaó pronunciat. La cala d'Es Port mereix un comentari apart doncs, per una banda, no va poder ser cartografiada durant la campanya ASTARTE-BAL (cf. aptat. *Metodologia*), i per una altra, altres cartografies mostren que, a més de tenir un pendent axial força regular (2°), en el seu fons, a partir de 29 m i fins 58 m, hi hauria un canal axial amb una llargada de gairebé 1 km i una amplada força constant, de 60 m de mitjana (Govern de les Illes Balears, s/d; <http://www.ideo-cabrera.ieo.es/>).

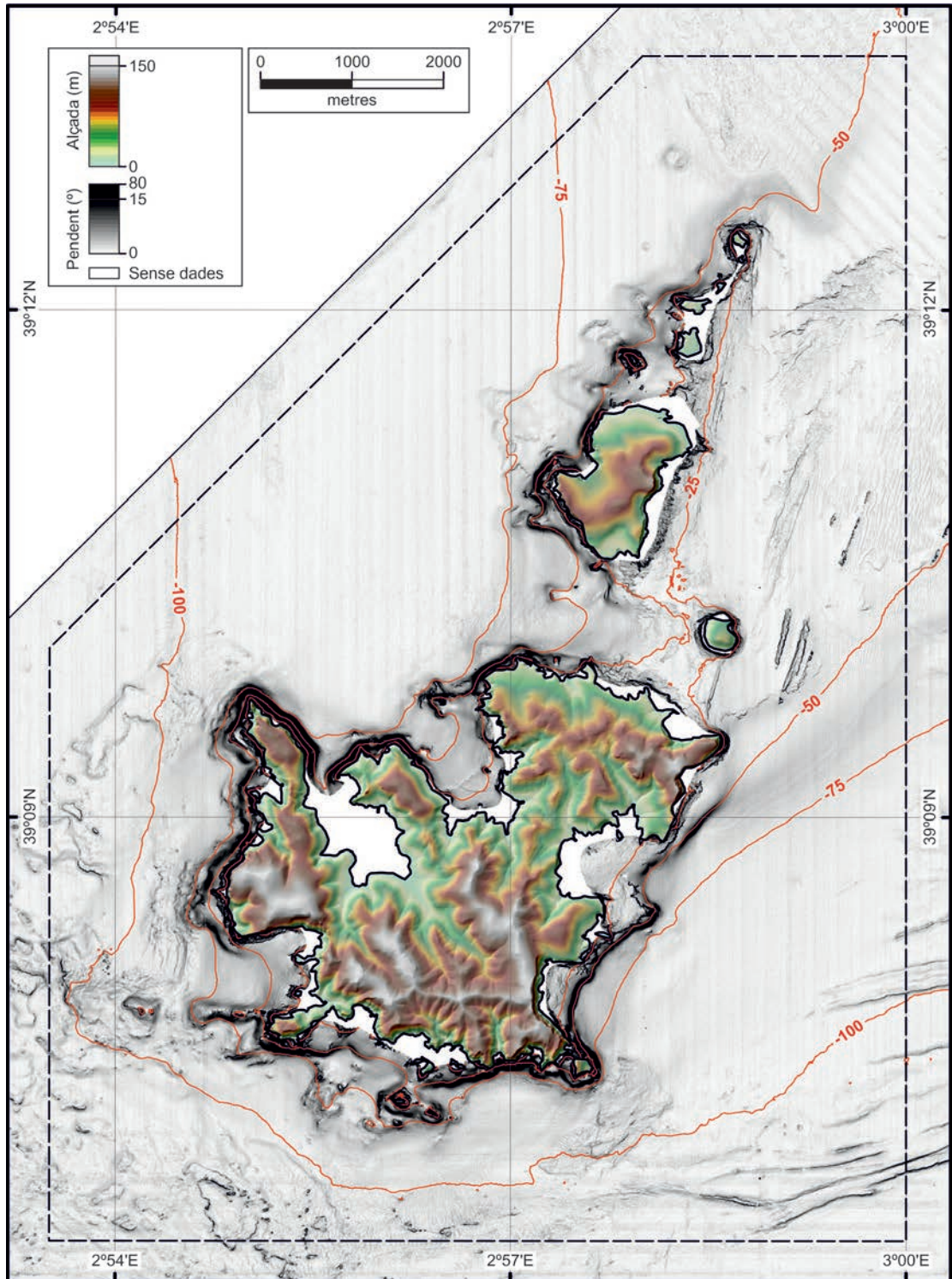


Figura 6 Mapa de pendents en relleu ombrejat del PN de Cabrera confeccionat a partir de dades de batimetria de multifeix. Es mostra també el relleu terrestre. Les isòbates mestres en vermell (en metres) serveixen de referència per comparar les figures 5, 6 i 7. El tènue bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades.

Més enllà del que hom ha descrit més amunt, a certa distància de la línia de costa i a grans trets, el mapa de pendents també mostra que el **sector central** és el que presenta, en conjunt, menys irregularitats i un pendent més suau i uniforme, especialment al nord i a l'est de Cabrera Gran, amb pendents mitjanes inferiors a 1° (Fig. 6). Per la seva banda, el **sector nord**, particularment a la planassa de l'illa des Conills, mostra un patró de pendents que, sense ésser molt grans (entre $0,5^\circ$ i 3° , localment més), és notablement variable i irregular. El **sector sud** és el que, en el seu conjunt i més enllà dels indrets més propers a la línia de costa, mostra una major variabilitat dels pendents, no només pel que fa al seu valor (generalment, entre 1° i 6°), sinó, i sobretot, pel que fa a llur direcció, que és altament variable, sense cap patró direccional definit. Això confereix a aquest sector un aspecte ben característic, diferent de qualsevol altre, en el mapa general de pendents. Els **patrons direccionals de pendent** més nítids s'observen a l'extrem sud-est de l'àrea cartografiada, a cavall entre el sector sud i el sector central, i consisteixen en uns elements allargassats subparal·lels amb una direcció dominant OSO-ENE força consistent, tot i algunes variacions locals cap a l'oest-est (cf. aptat. *Interpretació i discussió*). Tot indica que aquestes crestes s'estenen enllà del límit oriental del PN de Cabrera, en direcció est. Per aquesta raó, la longitud axial que hom pot mesurar dins l'àrea cartografiada, de gairebé 5 km en el cas de la cresta més meridional, i de 0,6 km a 1,6 km en el cas de les situades més al nord, amb tota probabilitat només és una part de la seva longitud axial total. També a la planassa de l'illa des Conills, a l'est de Na Redona i de la mateixa illa des Conills, s'observen algunes crestes i vorells amb una clara direcció SSO-NNE, les mides de les quals són força més modestes que les anteriors (cf. aptat. *Interpretació i discussió*).

RESPOSTA ACÚSTICA DEL FONS MARÍ

El **mapa d'intensitat de retrodifusió** del PN de Cabrera mostra variacions notables segons l'indret (Fig. 7). Així, en els indrets més propers a la línia de costa els valors són, en general, força elevats. Se n'exceptuen algunes taques amb valors marcadament més baixos, especialment a cala Santa Maria i, en menor mesura, a la cala del Coll Roig, a ponent dels Estells i a la badia de l'Olla. També a la sortida d'Es Port hi ha una petita taca amb baixa intensitat de retrodifusió, però la manca de recobriment cartogràfic cap a l'interior d'Es Port no permet escatir la seva possible continuïtat cala endins.

El **sector nord** és el que, en conjunt, presenta major heterogeneïtat, amb contrastos ben marcats fins i tot en distàncies curtes. A la planassa de l'illa des Conills, la intensitat de retrodifusió marca un patró lineal d'orientació SSO-NNE a SO-NE, directament associat als elements del relleu submarí (Figs. 5 i 7; cf. aptat. *Interpretació i discussió*). Cal destacar també la resposta acústica a l'esglaó d'orientació SO-NE que limita la planassa de l'illa des Conills pel sud-est en què, en el rang de profunditats de 45 a 75 m, la intensitat de retrodifusió passa d'ésser ben baixa a la part més soma a notablement alta a la part més pregona, amb un límit nítid entre intensitats intermèdies i altes. A l'extrem més septentrional del PN de Cabrera, al nord de Na Foradada, entre 50 i 60 m de profunditat aproximadament, s'observa una fàcies acústica clapada característica deguda a l'alternança de valors moderadament alts i moderadament baixos d'intensitat de retrodifusió que dibuixen un camp de **formes de fons arquejades** de dimensions decamètriques a hectomètriques que semblen continuar cap al nord, ja fora del límits de l'àrea cartografiada. Als mapes batimètric i de pendents aquestes formes de fons s'aprecien ben just, doncs no duen associats desnivells significatius (Figs. 5 i 7).

Més enllà dels indrets més propers a la costa, el **sector central** es caracteritza pel predomini d'intensitats de retrodifusió intermèdies, amb l'excepció d'una franja sud-nord amb valors moderadament alts que arrenca al cap de Llebeig i s'estén fins més enllà dels límits del Parc. El **sector sud** presenta, en canvi, variacions molt notables de la intensitat de retrodifusió, amb predomini de valors baixos cap a ponent, sempre lluny de la línia de costa de Cabrera Gran, i de valors força alts cap al sud (Fig. 7). El conjunt de crestes situades a l'extrem sud-est de l'àrea cartografiada, a cavall entre el sector sud i el sector central, esmentades més amunt, tenen una resposta acústica diferenciada, amb una marcada alternança entre valors baixos i intermedis o fins i tot alts que segueixen un patró direccional OSO-ENE, el qual s'adiu directament amb les formes del relleu i la distribució de pendents descrites més amunt (Figs. 5, 6 i 7).

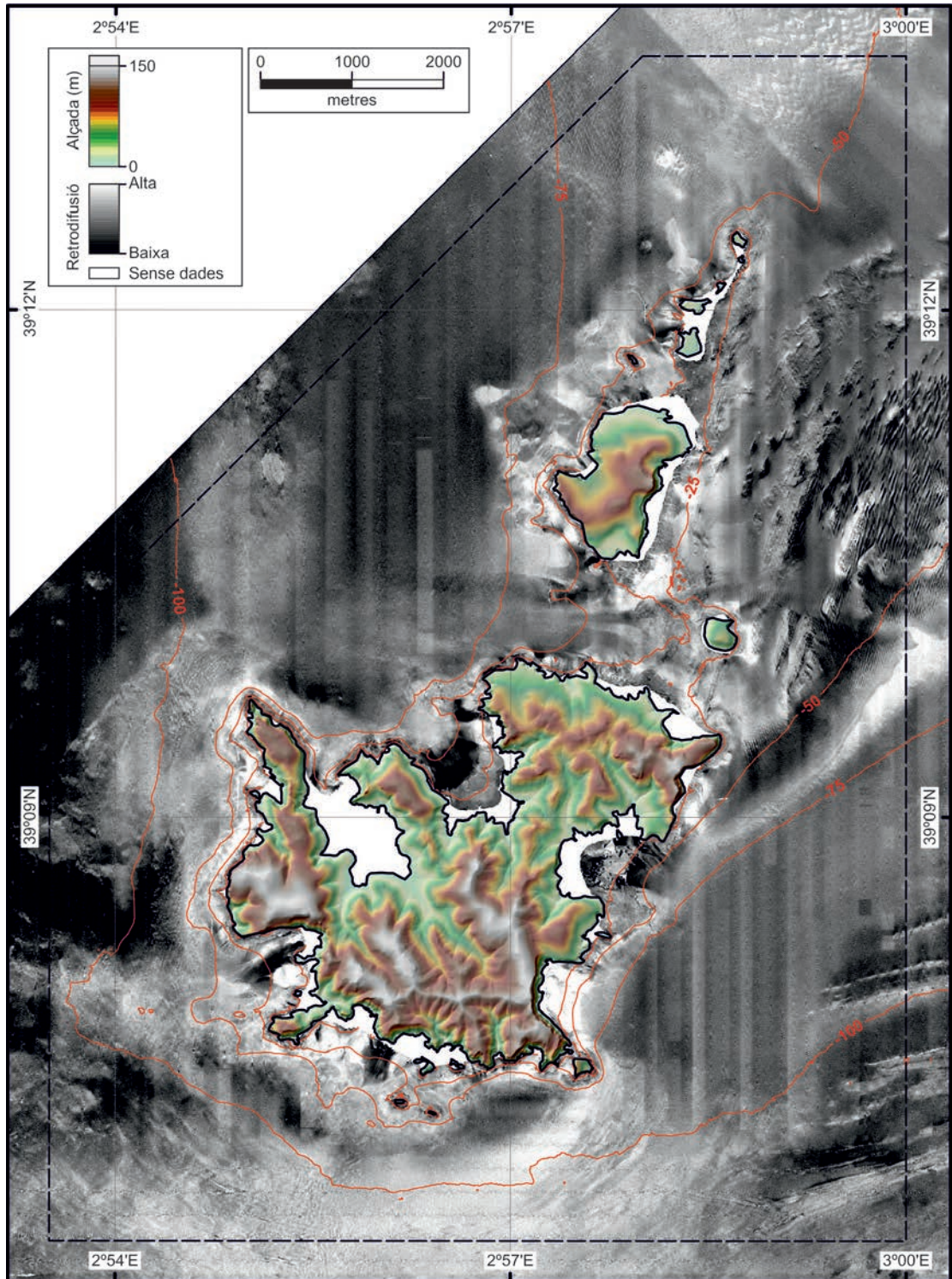


Figura 7 Mapa d'intensitat de retrodifusió dels fons marins del PN de Cabrera confeccionat a partir de dades de batimetria de multifeix. Es mostra també el relleu terrestre. Les isobates mestres en vermell (en metres) serveixen de referència per comparar les figures 5, 6 i 7. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades.

Hom observa també, a l'oest de l'arxipèlag, un seguit de **claps arrodonits i ovalats** que destaquen per una alta intensitat de retrodifusió o, en tot cas, per uns valors significativament més elevats que els que hi ha al seu voltant (Fig. 7). Tots ells són situats a l'oest de l'arxipèlag. Així, un quilòmetre al nord-oest de Na Foradada, a 65 m de fondària, hom troba dues clapes d'alta retrodifusió juxtaposades que corresponen a dos **monticles** de dos centenars de metres de diàmetre cadascun, apreciables tant al mapa batimètric com al de pendents (Figs. 5 i 6). Just 900 m a l'oest de Na Foradada, a 68 m de fondària, hi ha un altre monticle amb un diàmetre de 75 m i, per tant, força més petit que els anteriors, perfectament arrodonit i que es fa notar per uns valors de retrodifusió sensiblement més alts que els circumdants. Ampliant adequadament els mapes batimètric i de pendents, aquest monticle també hi esdevé netament visible, així com una petita protuberància central que el corona (Figs. 5 i 6). Més cap al sud, entre 500 m i 1.100 m a l'oest de la costa nord de l'illa des Conills, a fondàries compreses entre 70 i 80 m, crida l'atenció una agrupació de quatre taques amb valors de retrodifusió anòmalament alts, igualment corresponents a relleus positius. La més gran mesura 350 x 200 m, mentre que les altres tres tenen dimensions sensiblement menors. Convé assenyalar que aquesta mateixa taca més gran presenta a la seva superfície un seguit de protuberàncies d'uns 10 m de diàmetre i menys d'1 m de desnivell relatiu, notablement uniformes pel que fa a llurs dimensions i només visibles als mapes batimètric i de pendents ampliant-los adequadament (Figs. 5 i 6). El mateix tipus de protuberàncies, tot i que en nombre menor, també s'observen damunt altres taques d'alta intensitat de retrodifusió més petites situades al sud de l'anterior.

Els darrers claps d'alta intensitat de retrodifusió a què ens referirem explícitament són una parella situada a 93 m de profunditat, a 3 km a l'oest de les costes occidentals de l'illa des Conills i, per tant, també a l'oest de l'agrupació de quatre claps esmentada adés. El més ben definit de la parella en qüestió és el que hi ha més al sud, el qual forma un oval de 375 x 250 m. Aquests dos claps se situen en realitat damunt d'un llom molt suau de 300 m d'ample i tot just mig metre de desnivell, orientat sud-nord, apreciable en els mapes batimètric i de pendents (Figs. 5 i 6). Com en un dels claps d'alta intensitat de retrodifusió descrits anteriorment, el llom presenta un alt nombre de protuberàncies, d'uns 10 m de diàmetre i mig metre de desnivell relatiu, que es concentren justament allà on l'anomalia d'intensitat de retrodifusió és més marcada, es a dir en la parella de claps esmentada.

Més enllà dels descrits fins aquí, el mapa d'intensitat de retrodifusió presenta molts més elements significatius, inclosos diversos objectes que jauen sobre el fons marí, que ens estalviarem d'esmentar explícitament per a no fer el text carregós en excés. En tot cas, el lector interessat podrà entretenir-s'hi, si ho desitja, observant detingudament i ampliant indrets concrets al mapa de la Fig. 7.

INTERPRETACIÓ I DISCUSSIÓ

En aquesta secció hom interpreta el trets generals del relleu submarí del PN de Cabrera i en discuteix els possibles factors que l'han conformat com és actualment, i també presta atenció especial a un seguit d'elements singulars de l'esmentat relleu submarí, siguin d'origen estructural, estratigràfic, sedimentari o altri, la qual cosa comporta, segons el cas, adscriure'ls a formes del relleu amb denominacions i significacions concretes. On ha calgut, també s'ha aprofundit en la descripció. Com a part d'aquest esforç, i sempre que la informació disponible ho hagi permès, hom ha intentat, a més, escatir les relacions entre el relleu submarí i (a) la naturalesa del fons; (b) l'estructura, l'estratigrafia i la geomorfologia emergides; i (c) les comunitats bentòniques i llur distribució.

CAMPS D'ONES DE SEDIMENT I DE DUNES

Les formes de fons allargassades de la planassa de l'illa des Conills, i les formes de fons arquejades a l'extrem més septentrional del Parc, en ambdós casos dins del que hem anomenat **sector nord** (cf. aptat. *Resultats*), són en realitat agrupacions o camps d'ones de sediment i de dunes, respectivament. De fet, una observació atenta dels diferents productes cartogràfics (Figs. 5, 6 i 7), amb un grau d'ampliació adequat, mostra que en altres parts del PN de Cabrera hi ha també camps d'aquesta

mena d'estructures sedimentàries, en cada cas amb les seves pròpies característiques. Totes aquestes formes de fons són indicatives de transport tractiu per l'acció de corrents.

Les **dunes** de l'extrem nord del Parc on es visualitzen millor és al mapa d'intensitat de retrodifusió (Fig. 7), on es veu que ocupen una àrea aproximada de 2 km² (2 x 1 km). Són amalgamades i asimètriques, de tipus *barkhana* o de mitja lluna, amb el pendent de sotacorrent encarat cap al nord-oest, la qual cosa indica transport en aqueixa direcció. Llur longitud d'ona és força variable, entre 25 i 100 m. La profunditat a que es troben, entre 50 i 60 m (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*), i el fet que tenen poca expressió vertical (0,5 m d'alçada màxima), i també el fet que semblen difuminar-se a mesura que augmenta la profunditat, duen a plantejar-se si es tracta de formes actives o relictas, essent la segona hipòtesi la més probable.

El camp d'**ones de sediment** de la meitat oriental de la planassa de l'illa des Conills cobreix una àrea força extensa, de 4 x 2 km, a profunditats que van des de 40 fins 55 m, i fins i tot més enllà. Tenen una expressió batimètrica, de gradients de pendent i d'intensitat de retrodifusió molt clara (Fig. 8). Cal, però, diferenciar dos tipus d'ones de sediment en aquest indret, amb morfologies i dimensions ben diverses. Així, hom distingeix unes **ones de sediment gegants**, de 100 fins 500 m de llargària, 30-75 m de longitud d'ona i 0,5-1 m d'alçada, amb orientació mitjana SSO-NNE, lleugerament asimètriques i sinuoses, amb convergències i divergències, que ocupen la part nord del camp. Les dimensions d'aquestes formes de sediment van reduint-se cap als límits de l'àrea que ocupen. Entremig d'aquestes formes de grans dimensions hi apareixen localment alguns aflorament rocosos, allargassats en la mateixa direcció o un tant oblics, als quals semblen recobrir parcialment. Indicarien transport cap a l'ESE, és a dir de menys a més profunditat. Tot i la fondària a què es troben, la seva marcada expressió morfològica podria indicar que es tracta de formes actives, si més no durant els temporals de mar més forts.

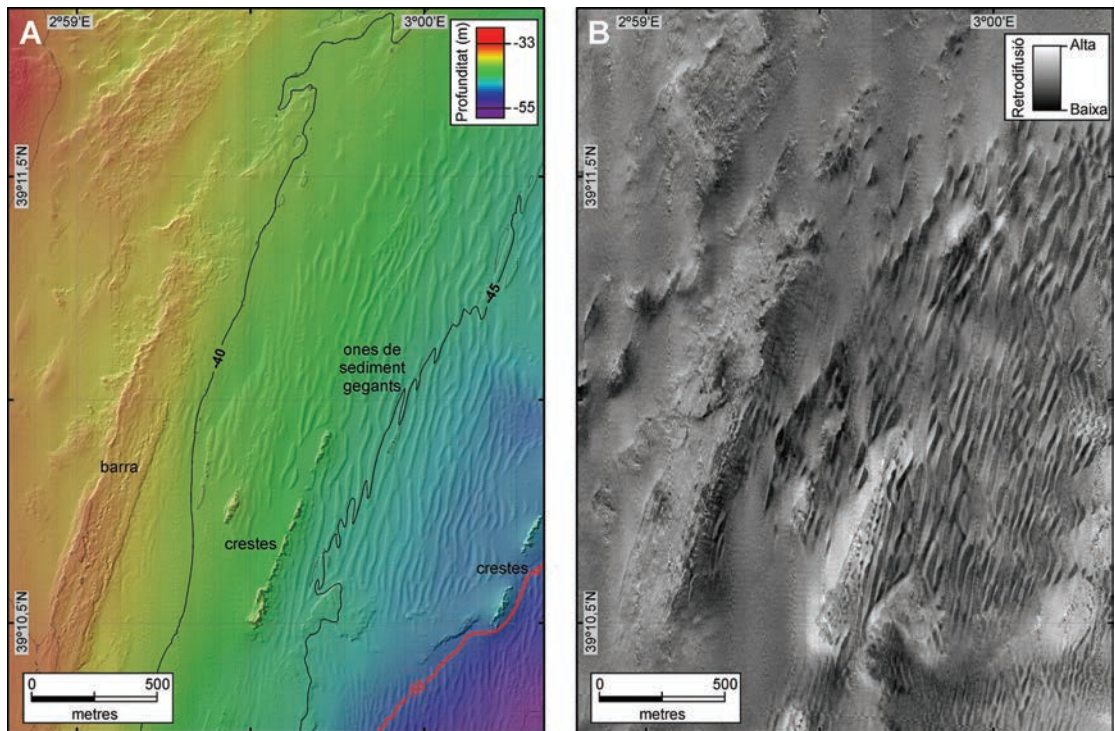


Figura 8 Imatges de detall de la planassa de l'illa des Conills. A: Batimetria en color i relleu ombrejat. B: Intensitat de retrodifusió. Les imatges mostren l'expressió d'un seguit de crestes i barres cimentades i d'altres afloraments de roca, i del camp d'ones de sediment gegants descrits al text principal. El tènue bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Vegeu situació a la Fig. 3.

Cal assenyalar també la presència, dins del mateix sector nord, de diversos camps d'ones de sediment menors amb una superfície força més petita que els esmentats més amunt i amb unes mides també sensiblement inferiors pel que fa a les mateixes ones sedimentàries (generalment, menys de 0,5 m d'alçada, entorn de 25 m de longitud d'ona, i una llargada heterogènia, tot i que sovint de més de 100 m). Ens referim concretament a camps situats al NNO de Na Foradada, entre 55 i 68 m de fondària; al sud del camp d'ones de sediment gegants de la planassa de l'illa des Conills, entre 42 i 55 m de fondària; al nord-est del cap Ventós, a l'extrem nord-oriental de l'illa de Cabrera Gran, entre 45 i 50 m de profunditat; i a un molt petit camp d'ones de sediment que s'obren en ventall al costat de ponent del freu que separa Na Redona de l'illa des Conills, entre 35 i 50 m de fondària. Tots aquests camps menors són fàcilment observables a les figures 5, 6 i 7, emprant el grau d'ampliació adequat en cada cas.

Tot i que les orientacions de les ones de sediment canvien d'un camp a l'altre i, de vegades, dins el mateix camp, la majoria són entre paral·leles i obliqües a les isòbates. L'excepció són les ones de sediment del camp situat al nord-est del cap Ventós, les quals són pràcticament perpendiculars a les isòbates. Totes elles indiquen mobilitat del sediment per transport de fons. En la majoria de casos, es tractaria d'un transport des de indrets més somers cap a indrets més pregons. Aquest fet encaixa amb el predomini de morfologies de fons indicadores d'afloraments de roca o, en tot cas, amb un recobriment sedimentari prim incapaç d'emascarar del tot el relleu rocallós infrajacent, en gran part dels indrets més somers del Parc, inclosos els freus. Les partícules sedimentàries soltes d'aquests indrets somers serien escombrades cap a cotes més profundes amb motiu de processos d'alta energia, com ara els temporals. És probable que la prevalença de partícules sedimentàries poroses de composició carbonatada (Alonso *et al.*, 1988) faciliti aital transport, fins i tot amb nivells energètics moderats. Podria ajudar a explicar també que les ones de sediment observades s'estenguin fins a profunditats relatives notables, tot i que aquesta consideració no permet dissipar del tot el debat de si es tracta de formes de fons actives, o parcialment o totalment relictas.

L'excepció pel que fa la disposició de les ones de sediment en relació amb les isòbates, és el petit camp enfora de cap Ventós, a Cabrera Gran, en què el transport seria pràcticament paral·lel a les isòbates. També mereixen un comentari apart les ones de sediment en ventall del freu entre Na Redona i l'illa des Conills, doncs estan sobreposades a una protuberància batimètrica amb un pendent mig de 3°, estenent-se també al peu de la mateixa. Caldria veure si són el resultat només de transport tractiu de fons o si també incorporen una component de deformació del sediment, cosa que semblaria suggerir la forma lleugerament lobada d'algunes de les ones sedimentàries, clarament visible al mapa de pendents (Fig. 6). Aquest mateix mapa revela, a més de les indicades prèviament, i encara dins el sector nord del Parc, altres formes més difuminades igualment suggeridores de transport de fons a l'oest de Na Foradada, entre 55 i 60 m de fondària, a l'oest de Na Plana (45-65 m), a l'OSO de l'Esponja (50-72 m) i al nord del cap d'es Morobutí (50-80). Mentre no es disposi de més informació, en algun d'aquests casos convindria no descartar un origen lligat a processos de desestabilització sedimentària i transport en massa, en especial en el cas de les formes de fons observades a ponent de Na Plana i l'Esponja, i àdhuc les del nord del cap d'es Morobutí.

Al **sector central** de l'àrea cartografiada hom també observa localment ones de sediment i altres formes de fons allargassades caracteritzades per una direccionalitat marcada i una distància relativament uniforme entre cresta i cresta. Ens referim, concretament, a un petit camp d'ones de sediment just al sud de l'illot de l'Imperial, a més de 85 m de fondària, i a un seguit de formes amb crestes lleugerament sinuoses al nord-oest del cap de Llebeig, entre 90 i 100 m de profunditat.

Les formes de fons allargassades en direcció nord-sud al sud de l'illa de Cabrera Gran (cf. aptat. *Trets generals del relleu submari*) defineixen un nou camp de notable extensió d'ones de sediment, en alguns casos de mida considerable, el qual ocupa el límit entre el sector central i, especialment, la meitat occidental del **sector sud**. L'anomenarem **camp d'ones de sediment pregones del sud de Cabrera Gran**. En secció, les formes són pràcticament simètriques tot i que, si més no en algunes, la cara de sotacorrent sembla lleugerament més inclinada, apuntant cap a l'oest, la qual cosa indicaria transport en aqueixa direcció. Les ones de sediment d'aquest camp presenten, però, dos trets distintius principals. El primer és que llurs crestes, amb una disposició nord-sud, són

perpendiculars a la tendència general de les isòbates. El segon és l'evolució morfològica de les mateixes, en general de menors dimensions (0,2 m d'alt i 20 m de longitud d'ona) i més rectilínies a menor fondària i a l'est, i de majors dimensions (fins 0,6 m d'alt i 60 m de longitud d'ona) i més sinuoses a major fondària i cap a l'oest. Aquestes formes de fons i llur evolució morfològica són molt patents als mapes de pendents i batimètric i en menor mesura al d'intensitat de retrodifusió (Fig. 9A, B).

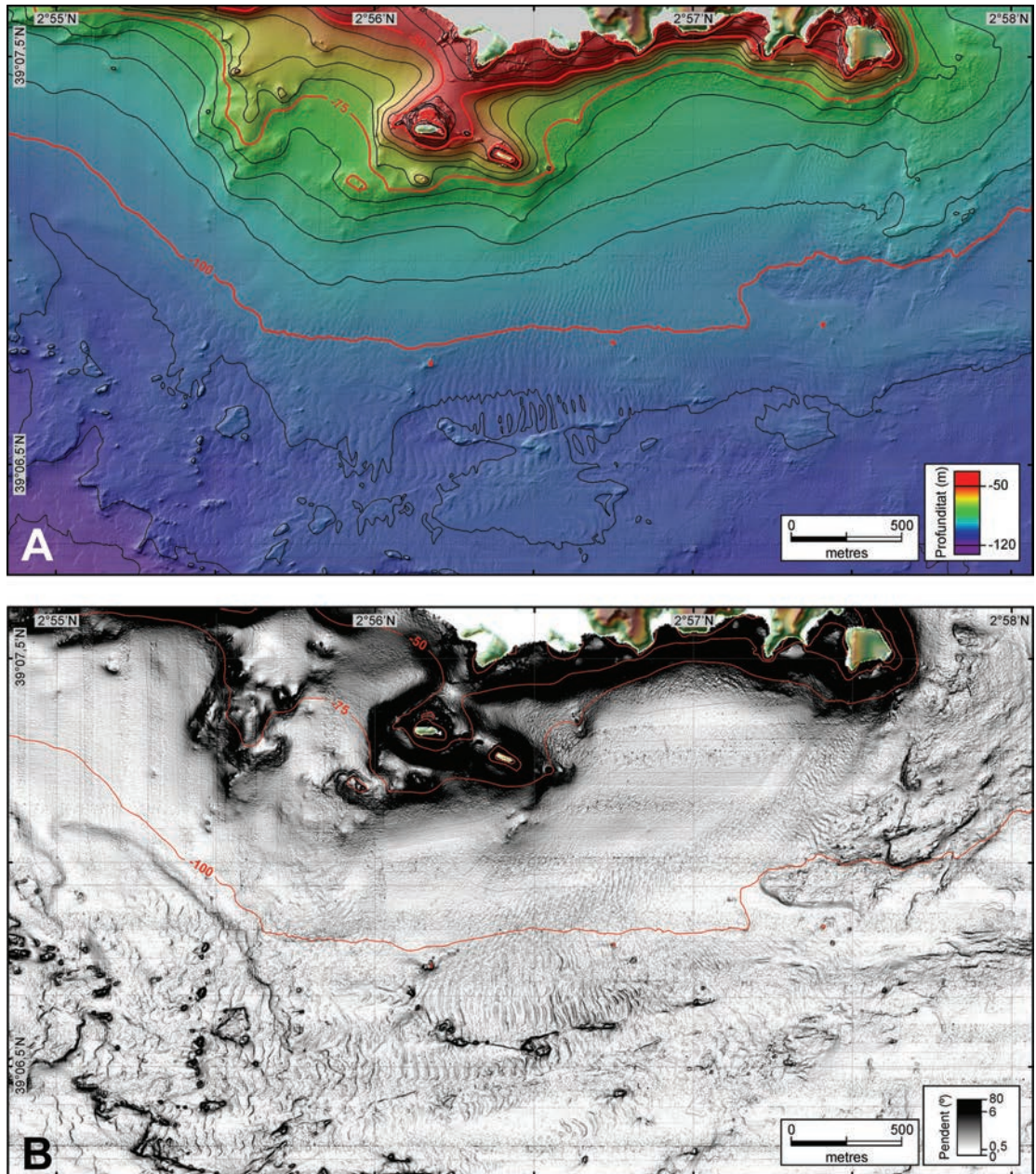


Figura 9 Imatges de detall del camp d'ones de sediment pregones del sud de Cabrera Gran. A: Batimetria en color i relleu ombrejat. B: Pendents. Les imatges mostren l'expressió d'un seguit d'ones de sediment de dimensions variables, descrites al text principal, que mostren una clara evolució morfològica en direcció est-oest i segons la profunditat. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Vegeu situació a la Fig. 3.

La seva disposició i característiques, i la profunditat a què es troben aquestes ones de sediment, duen a pensar en l'acció de corrents de mesoscala o recirculacions en el context de la circulació general de la capa superficial d'origen atlàntic a la mar Mediterrània occidental, les qual s'estendrien ocasionalment damunt aquests sectors de la plataforma continental de l'arxipèlag de Cabrera (Millot *et al.*, 1999). La dinàmica d'intercanvis hidrològics a través del canal de Mallorca, amb una prevalença del transport cap al nord, no seria aliena als efectes locals damunt el fons d'aïtal circulació (Pinot *et al.*, 2002). Aqueix transport, en adaptar-se a la topografia submarina, donaria una component cap a l'oest a l'àrea d'estudi, la qual s'adiu amb el sentit del transport sedimentari que indiquen les formes de fons. Un element rellevant que reforça aquesta interpretació és el patró corbat en direcció sud-oest i oest que mostra el mapa d'intensitat de retrodifusió (Fig. 7), amb valors alts i intermedis, des de la longitud geogràfica de l'illot de l'Imperial en direcció al gran camp pregon d'ones de sediment del sud de Cabrera Gran. Més enllà del relleu infrajacent, aquest patró de retrodifusió seria indicatiu de direccionalitat del transport.

Tot allò que hom ha descrit i interpretat en aquesta secció configura, doncs, una dinàmica passada i, possiblement present, de transport de fons de sediment d'abast notable, i a profunditats relatives força elevades, dins el PN de Cabrera, la qual cosa comporta l'existència de fons de sediment locals de certa rellevància i de processos actius d'exportació de sediment des dels indrets més somers cap a la plataforma mitja i externa, relacionada amb el concepte de "factoria de carbonats" inherent a aquesta mena de plataformes (vegeu revisió a Schlager, 2000, 2003).

CRESTES I BARRES DE PLATJA CIMENTADES

No tots els elements allargassats dels fons marins del PN de Cabrera són ones de sediment. Així, a l'est de l'arxipèlag hom hi distingeix dos tipus més de morfologies llargues i estretes, esmentades més amunt, les quals s'aixequen clarament sobre els fons adjacents. Ens referim a un seguit de crestes i barres localitzades a ponent i al sud de la planassa de l'illa des Conills i cap a la cantonada sud-oriental de l'àrea cartografiada. Les **crestes** tenen un perfil transversal en V invertida i són força més estretes i de menors dimensions que les barres. L'exemple paradigmàtic és un petit grup al sud de la planassa de l'illa des Conills, de 400 a 700 m de llarg, 50 a 100 m d'ample, i una alçada de fins 2-6 m sobre els fons circumdants (Figs. 3, 5, 6, 8A i 8B). Al mateix indret hi ha també altres crestes menors, de molt menys recorregut. Algunes d'elles es col·loquen en el límit dels camps d'ones de sediment gegants discutides adés o, fins i tot, penetren en el seu interior. La morfologia d'un i altre tipus de forma, però, molt més rugosa i gens sinuosa en el cas de les crestes, permet distingir-les clarament. El fet que, en alguns casos, a un costat d'una cresta hi hagi ones de sediment, lleugerament obliqües, i en altres no n'hi hagi (Fig. 8A), suggereix que les crestes actuen localment com a barreres naturals al transport de sediment de fons, dificultant el desenvolupament de les ones de sediment.

Les **barres**, en canvi, tenen un perfil transversal en U invertida, i són més amples i de majors dimensions que les crestes. En algun cas, els seus vorells estan lleugerament sobrealçats, formant una mena de rivets al llarg de tot el seu recorregut. En són bons exemples, (i) una barra molt pronunciada a ponent de la planassa de l'illa des Conills, de 2,5 km de llarg, 200 m d'ample, de fins 2 m d'alt respecte els fons adjacents, orientada SSO-NNE com les crestes veïnes (Figs. 3, 5, 6, 7 i 8), i (ii) una barra a l'extrem sud-est del Parc, tancada per la isòbata de 105 m, de fins 300 m d'ample i amb una alçada de fins a 8 m, orientada OSO-ENE, i amb una llargada mínima d'1 km, doncs es perllonga cap a l'est, ja fora de l'àrea mapada. Al nord de la mateixa, entre les isòbates de 100 i 105 m, hi ha la barra més ampla de totes les observades, amb 500 m, tot i que el seu perfil transversal és més suau i la seva alçada relativa menor.

Convé assenyalar també que hi ha formes intermèdies, tant pel que fa al seu perfil transversal com a llurs dimensions. A més de a la cartografia batimètrica, crestes i barres són fàcilment distingibles als mapes de pendents i d'intensitat de retrodifusió, als primers pels desnivells que comporten, i als segons per valors alts de retrodifusió (vegeu les barres de l'extrem sud-est de l'àrea d'estudi) o per una fàcies acústica o patró clapat molt característic (vegeu les crestes i la barra de la planassa de l'illa des Conills) (Figs. 3, 5, 6, 7 i 8). Totes aquestes característiques revelen que tant crestes com barres són formades per materials resistents generadors de fons durs, és a dir que són de natura rocallosa.

Interpretem aquestes crestes i barres com formacions litorals fòssils cimentades, de composició sorrenca, i més o menys modificades pels processos, com ara l'abració per efecte de l'onatge, associats a la darrera pujada del nivell global del mar, iniciada ara fa aproximadament 20.000 anys (Waelbroeck *et al.*, 2002). Es tractaria, per tant, de les formes del relleu litoral conegudes en anglès com *sand ridges* i *sand bars*, transformades per efecte de la cimentació en *beachrocks*. Naturalment, per efecte de la darrera pujada global del nivell del mar, ambdues serien actualment formes relictas, doncs són submergides sota desenes de metres d'aigua, molt ensota dels ambients litorals originals propis de llur formació i desenvolupament. La naturalesa calcària dels materials que conformen el promontori Balear, inclosos els relleus insulars, així com les condicions ambientals de l'àrea, moderadament càlides, haurien afavorit la saturació en carbonats de les aigües, cosa que hauria determinat la cimentació d'aquestes antigues formacions litorals.

La ubicació i la direcció de les crestes i les barres són indicadors de transport direccional de sediment i de la posició i orientació pretèrites de la línia de costa i, per tant, de la seva evolució durant el darrer ascens global del nivell del mar. Al llarg d'aquest període, la línia de costa a llevant dels illots septentrionals hauria mantingut una direcció SSO-NNE similar a l'actual (Figs. 3, 5, 6 i 7). En canvi, a l'est i al sud-est de Cabrera Gran, aquestes formes de fons suggereixen un canvi pronunciat en la direcció de la línia de costa, d'OSO-ENE durant la transgressió a la direcció mitjana actual SSO-NNE. Això és indicador d'una reorganització major de la línia de costa en aquest indret en els darrers mil·lennis, la qual cosa possiblement hauria afectat a bona part de la plataforma del sud de Mallorca, on se situa l'arxipèlag de Cabrera. De fet, la disposició i l'espaiat de les crestes i barres de l'est i sud-est de Cabrera Gran podrien tenir relació amb una deriva litoral de sediment en direcció sud al llarg de la plataforma meridional de Mallorca durant la darrera transgressió post-glaciària, amb formació de línies d'acreció subparaleles a l'est de l'arxipèlag de Cabrera, procés que s'hauria vist afavorit per la pròpia configuració de la costa i de la fisiografia submarina. En aquest context, les crestes i barres de l'est i sud-est de Cabrera Gran representarien les terminacions sud-occidentals del sistema sedimentari a què fem referència, essent més antigues com més allunyades de la costa actual.

De tota manera, caldria disposar de datacions absolutes per a poder establir amb certesa la cronologia de l'evolució de la línia de costa al sud de Mallorca i, en particular, al PN de Cabrera.

TERRASSES I ESGLAONS SUBMERGITS

Esglaons i terrasses submergides com els esmentats a l'apartat *Trets generals del relleu submarí* són, de fet, força comuns a les plataformes de la mar Mediterrània. Prop de les Balears, estudis recents han palesat la seva presència continua al llarg de desenes de quilometres, amb desnivells associats d'ordre mètric o fins i tot decamètric, enfora de les costes del sud-est de la península Ibèrica (Pinna, 2013; Pinna *et al.*, 2014).

Al PN de Cabrera, l'esglaó superior, i de vegades únic, correspon a la continuació sota l'aigua dels penya-segats costaners. La base d'aquest primer esglaó, o esglaó superior, es troba a profunditats variables, com ho il·lustren els casos de la costa sud-oest de l'illa des Conills (30 m), o de la península d'Enciola (30-50 m) i cap Vermell (35-45 m) a Cabrera Gran. Val a dir que, en alguns indrets, el peu de l'esglaó superior s'amalgama amb l'esglaó immediatament inferior, podent donar salts de fins 75 m, com ocorre al sud de la península d'Enciola, a Cabrera Gran (Figs. 5 i 6). L'esglaó intermedi, o segon esglaó, allà on és present, com ara al sector de l'Olla i Ses Bledes, a l'est de Cabrera Gran, té un perfil força retallat i un desnivell menor que l'anterior, tot i que prou abrupte (per exemple, 5 m, entre les isòbates de 35 i 40 m a l'est de la punta des Burri) (Fig. 10). Entre l'extrem nord-est de Cabrera Gran i Na Redona, aquest esglaó intermedi es desdobra en dos petits graons de 3 m de desnivell total. Traces d'aquest doble graó intermedi també es troben entre 24 i 29 m de fondària a l'est dels illots septentrionals on llurs característiques morfològiques els aproximen a petites crestes.

Finalment, l'esglaó més profund o tercer esglaó és el que mostra un perfil més suavitzat, degut probablement a l'acumulació de sediment.

Assoleix la seva màxima expressió entorn de l'illa de Cabrera Gran, especialment entre la badia de l'Olla, a l'est, i els illots dels Estells, al sud de l'illa (Fig. 10).

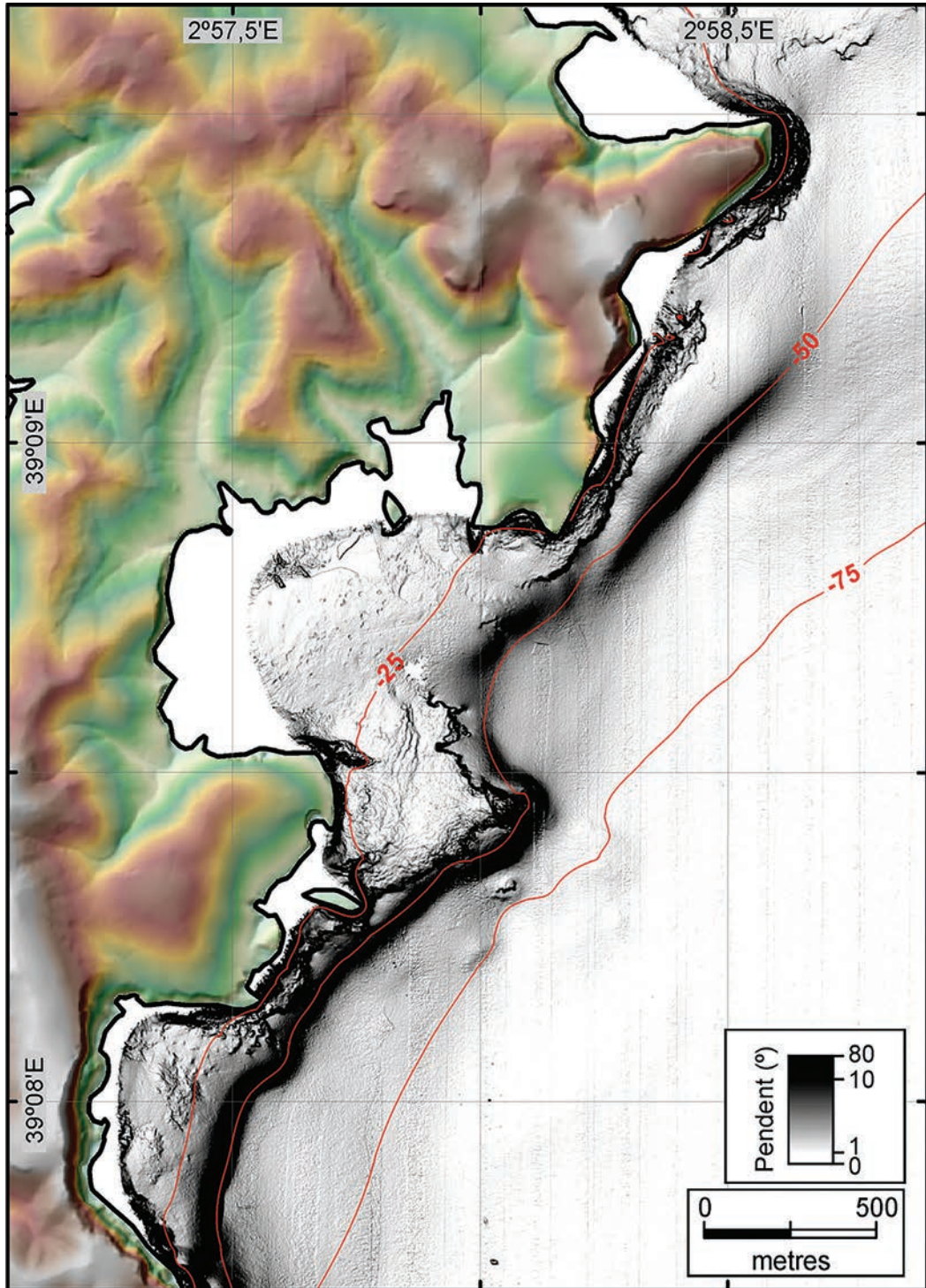


Figura 10 Imatge de detall del mapa de pendents (Fig. 6) mostrant els esglaons i terrasses submarins a l'est de Cabrera Gran, entre les badies de l'Olla i del codolar de l'Imperial. Isòbates en metres. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Vegeu situació a la Fig. 3.

A l'est de Cabrera Gran el desnivell total associat a aquest tercer esglaó és generalment de l'ordre de 20-25 m, entre les isòbates de 35-40 m i 50-60 m, però al sud el desnivell i la profunditat del peu del graó són més grans, fins 75-80 m de fondària, degut també a l'efecte d'amalgamació amb el primer esglaó, esmentat adés. Sigui com sigui, es tracta, per tant, i efectivament, d'un graó molt prominent.

Tradicionalment, aquesta mena de graons i les terrasses que duen associades s'han interpretat com causats per l'estabilització relativa del nivell del mar durant fases d'ascens (Jouet *et al.*, 2006; Rabineau *et al.*, 2006; Zazo *et al.*, 2013). Aquestes estabilitzacions o, potser millor, etapes de desacceleració de la taxa d'ascens, permeten el desenvolupament de prismes sedimentaris costaners, els quals en reprendre's l'ascens del nivell del mar queden consecutivament inundats tot i formant esglaons i terrasses, més moderns com més soms i propers a la línia de costa actual. Els esglaons submarins del PN de Cabrera representarien, doncs, períodes d'estabilització del nivell del mar o de desacceleració de la taxa d'ascens, probablement al llarg de la darrera pujada postglacial. Diverses reconstruccions de l'ascens postglacial del nivell del mar mostren la presència de períodes d'estabilització relativa després de períodes d'ascens ràpid, com l'anomenat Impuls d'Aigua de Desglaç 1a o MWP1a (*Meltwater Pulse 1a*, en anglès) (Aloïsi, 1978; Lambeck i Bard, 2000; Waelbroeck *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2004; Stanford *et al.*, 2006).

Cal tenir present que al Darrer Màxim Glacial, entre 26 i 19 ka enrere, el nivell del mar se situà 125 m per sota del nivell actual (Peltier i Fairbanks, 2006). Per tant, gairebé tota la plataforma balear va quedar emergida durant aquest període de temps, amb les actuals Mallorca, Menorca i Cabrera Gran formant una sola gran illa, de la mateixa manera que Eivissa i Formentera també formaven una única illa (Canals *et al.*, 2012). L'ascens postglacial del nivell del mar, amb períodes d'acceleració i períodes de desacceleració, fou doncs determinant en l'afaiçament de la morfologia de l'actual plataforma insular, tant per la intervenció de processos erosius com d'acumulació i, eventualment, cimentació ulterior. L'ascens del nivell del mar es produí sobretot entre 19 i 8 ka degut a la fusió de mantells i casquets de gel, i glaceres, arreu del món (Cronin, 2012). La taxa d'ascens més ràpid tingué lloc durant el MWP1a, fa entre 14,7 i 13,5 milers d'anys. Després vingué una etapa amb una taxa d'ascens modesta, especialment durant un període fred anomenat Dryas Recent (*Younger Dryas*, en anglès) entre 12,9 i 11,6 ka enrere, en què el nivell global del mar estaria situat prop de 60 m sota el nivell actual (Bard *et al.*, 2010). Podria ser, per tant, que el tercer esglaó o, esglaó més profund i prominent, de la plataforma de Cabrera Gran s'hagués format durant la inversió freda del Dryas Recent. L'esglaó intermedi, més som i amb un menor desenvolupament, s'hauria format posteriorment de manera semblant, tot i que segurament durant un període de temps comparativament més breu. Cal tenir en compte que l'estabilització o desacceleració de la taxa d'ascens del nivell del mar, o fins i tot la seva inversió, no depenen només de la component eustàtica global sinó del comportament regional i local d'aixecament o enfonsament de l'escorça. Així, les fluctuacions eustàtiques del nivell del mar, en sentit ascendent o descendent, poden compensar-se o accelerar-se localment en funció dels moviments verticals de l'escorça. En relació amb aquesta qüestió seria convenient escatir la possible presència de platges aixecades a l'arxipèlag de Cabrera (Butzer i Cuerda, 1962; Cuerda, 1989; Hillaire-Marcel *et al.*, 1996), tot i que hom considera el bloc de Mallorca en el seu conjunt com a "relativament estable", si més no des del darrer interglacial (Zazo *et al.*, 2013).

Convé assenyalar també que la pròpia fisiografia dels fons marins del PN de Cabrera constitueix un condicionant probablement no menor pel que fa al desenvolupament de terrasses submergides. Així, els perfils batimètrics més rostos, fins a profunditats considerables, dels fons marins situats a ponent i a migjorn de l'arxipèlag no afavoririen la formació de terrasses, mentre que els perfils més suaus dels fons situats a llevant i septentrió ho afavoririen en major mesura.

Tampoc volem deixar d'esmentar la possibilitat que en la configuració d'alguns dels esglaons observats en el fons marins del PN de Cabrera hi intervingui una component de relleu estructural, és a dir, d'afflorament o subafflorament d'estrats resistents esglaonats. On aquesta possibilitat sembla més plausible és allà on s'observen configuracions en forma de graderia, de dos nivell o més, en els graons intermedi i fins i tot el superior, com és el cas de l'esglaó intermedi entre l'extrem nord-est

de Cabrera Gran i Na Redona i de diversos indrets a l'est de Cabrera Gran, i de l'esglaó superior des del cap Vermell fins el cap de Llebeig. De fet, de configuracions en graderia se n'observen també per sota de l'esglaó inferior com, per exemple, a l'oest de l'entrant que hi ha entre el cap Vermell i la península d'Enciola, al sud-oest de Cabrera Gran. Noti's, però, que per observar bé aquests detalls cal ampliar notablement els mapes (Figs. 3, 5, 6 i 7).

ESTELES DE SEDIMENT ALS FREUS

Els freus del sector nord són, com ja hem assenyalat (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*) elements destacats de la fisiografia del PN de Cabrera. A través d'ells es produeixen intercanvis d'aigua entre la plataforma de ponent dels illots i la de llevant, i viceversa, amb la probable ocurrència, si més no ocasionalment, de corrents de certa intensitat capaços de transportar els sediments dominantment carbonatats d'origen fitobentònic i, en molta menor mesura, zoobentònic, propis de la plataforma balear (Alonso *et al.*, 1988; Canals i Ballesteros, 1997).

Més enllà de formes de fons indicadores de transport tractiu, com ones i dunes de sediment (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*), el mapa d'intensitat de retrodifusió aporta informació esclaridora en aquest sentit (Fig. 7). Així, la distribució dels valors de retrodifusió en el freus entre l'illa des Conills i Na Plana, amb un canvi marcat de la intensitat de retrodifusió a un costat i altre del freu i, especialment, entre Cabrera Gran i l'illa des Conills, amb Na Redona entremig, amb un patró en bandes d'intensitat variable orientades d'est a oest, indicaria la prevalença d'un transport cap a ponent, que s'adiu amb la direccionalitat neta del transport de sediment que revelen les formes de fons, relictos i modernes, associades a transport de sediment en altres indrets del PN de Cabrera. Aquests patrons d'intensitat de retrodifusió correspondrien, doncs, a **esteles de sediment** (*sediment tails*, en anglès), que són formes de fons pròpies d'indrets amb una resultant unidireccional dominant dels corrents. Les esteles de sediment, d'escalas molt diverses, es formen o bé darrera d'obstacles com poden ser crestes, afloraments rocosos o blocs, o bé associades amb constriccions, com ara els freus, en què a un augment de la intensitat del corrent li segueix una desacceleració del mateix en una distància relativament curta just a la sortida de la constricció.

Un augment de la fondària, a sotacorrent de la constricció, també pot afavorir la deposició de les partícules sedimentàries, com sembla ser el cas dels freus que ens ocupen, marcadament asimètrics en secció transversal (Fig. 4, talls B-B' i C-C'). Així, al freu entre l'illa des Conills i Na Plana la profunditat augmenta sobtadament uns 8 m just a ponent de l'esquenall del mateix freu (Fig. 5). En aquest freu s'observen, al mapa de pendents (Fig. 6), uns petits camps d'ones de sediment al nord i al sud de l'illot de l'Esponja, entre 40 i 70 m de fondària, aproximadament, la qual cosa reforça la interpretació de l'existència d'un transport tractiu apreciable en aquest indret. De manera semblant, a ponent del freu entre l'illa des Conills i Cabrera Gran, també s'observen indicacions de transport de sediment, com el molt petit camp d'ones de sediment que s'obren en ventall entre 35 i 50 m de fondària a la vessant de ponent (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*), entre Na Redona i l'illa des Conills, i un seguit d'ones de sediment un tant difuses degut a llur escassa amplitud vertical, ben bé a l'oest de Na Redona, entre 60 i 80 m de fondària aproximadament (Fig. 6). Com en altres casos, insistim en que per observar bé aquests detalls cal ampliar notablement els mapes (Figs. 3, 5, 6 i 7). Per altra banda, no se sap fins a quin punt la circulació a través d'aquests freus és responsable del major aprofundiment dels vessants de ponent dels mateixos, en comparació amb els vessants de llevant.

Pel que fa als freus entre els illots més septentrionals, al nord de Na Plana, el mapa d'intensitat de retrodifusió mostra també uns patrons netament asimètrics, amb molta més variabilitat al vessant de ponent que no al de llevant (Fig. 7). Això estaria relacionat amb una major diversitat de tipus de fons i de recobriment sedimentari al costat de ponent, fet per altra banda comú al conjunt dels illots septentrionals. És possible que aquesta major variabilitat també a ponent dels illots més septentrionals estigui igualment relacionada amb el transport de sediment cap a l'oest a través dels freus que els separen. De tota manera, la manca de cobertura cartogràfica estrictament en aquests freus més septentrionals no ajuda a escatir-ho (Figs. 3, 5, 6 i 7).

Val a dir que l'ocurrència d'esteles de sediment, de vegades de mides considerables, i també de depressions associades, és coneguda en altres plataformes mediterrànies properes. És el cas de la plataforma del cap de Creus i del nord de la Costa Brava, on la intensificació estacional de la deriva litoral, afegida a la circulació d'aigües denses de plataforma que es dirigeixen cap a les capçaleres dels canyons submarins propers, ha donat lloc a un gran nombre formes de fons d'aquesta mena (Canals *et al.*, 2006; Durán *et al.*, 2014).

MONTICLES I AGRUPACIONS DE PROTUBERÀNCIES AMB ALTA INTENSITAT DE RETRODIFUSIÓ

La cartografia efectuada mostra monticles i agrupacions de protuberàncies amb intensitat de retrodifusió més alta que els fons circumdants (Fig. 7). Els monticles més destacats amb aquesta característica són situats al nord-oest de Na Foradada, aquest darrer amb una protuberància o mugró central ben visible (Fig. 11A i B) (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*).

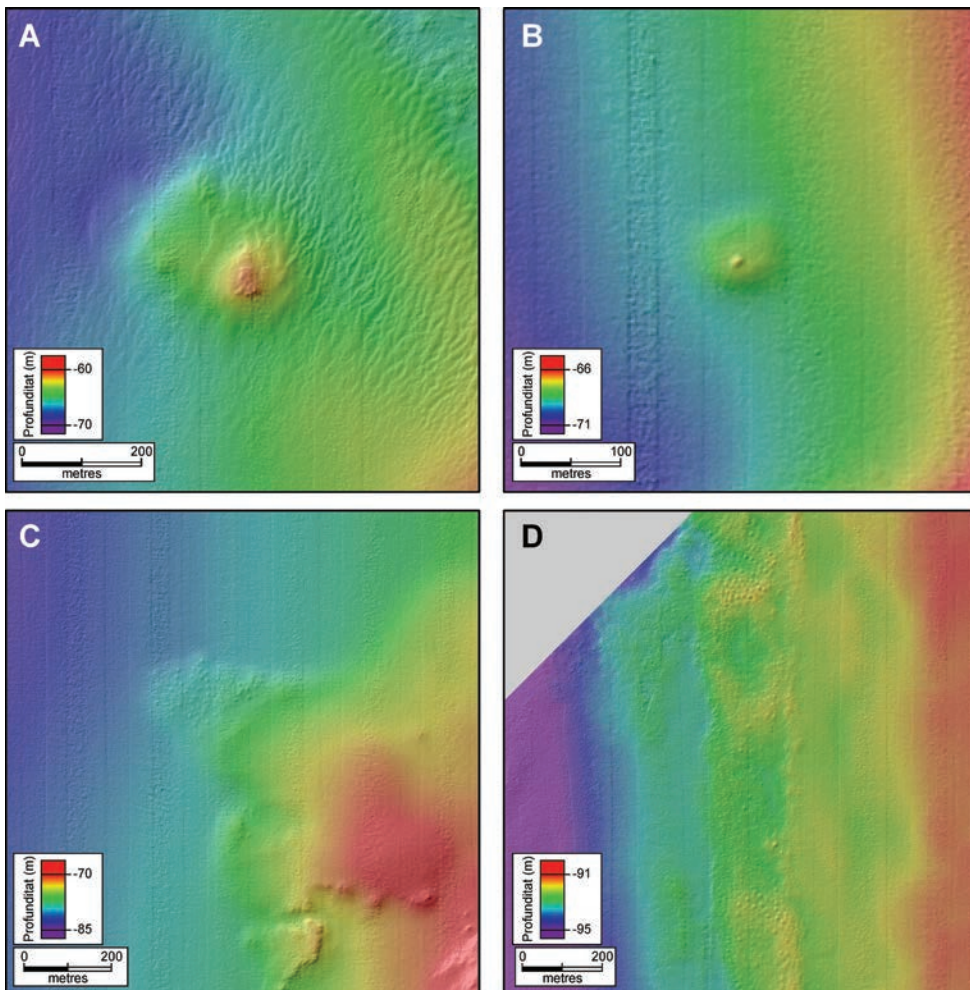


Figura 11 Imatges batimètriques de detall de monticles i agrupacions de protuberàncies amb alta intensitat de retrodifusió. A: Monticles adjacents entorn els 65 m de fondària al nord-oest de Na Foradada. B: Monticle isolat amb una protuberància central entorn els 68 m de fondària a l'oest de Na Foradada. C: Agrupació de protuberàncies entre 75 i 80 m de fondària a l'oest de l'illa des Conills. D: Agrupació de protuberàncies entorn els 93 m de fondària a l'oest de l'illa des Conills. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Vegeu situació a la Fig. 3.

A l'oest de l'illa des Conills les agrupacions de petits monticles o protuberàncies, força uniformes pel que fa a llurs mides individuals, corresponen a taques amb intensitat de retrodifusió molt alta o, en tot cas, més alta que als fons adjacents. Aquestes taques tenen una forma arrodonida i una mida variable, la més gran de 350 m x 200 m (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*). La forma i la distribució d'aquestes taques donen lloc a una mena de clapejat **en pell de lleopard** entre 70 i 80 m de fondària, aproximadament (Figs. 7 i 10C i D) (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*). Els valors alts d'intensitat de retrodifusió s'estenen cap al sud de les taques arrodonides, tot i formant una mena d'aigües o de mosaic amb límits més o menys difusos paral·lelament a la costa, prou rectilínia, d'es Penyal, a l'illa des Conills.

La coincidència entre les taques en pell de lleopard o, en el pitjor dels casos, algunes d'elles, com ara la més gran, i concentracions de protuberàncies que atorguen una empremta característica al relleu submarí allà on apareixen, fan que hom atribueixi, en primera instància, l'elevada intensitat de retrodifusió observada en aquest indret, a un increment de la rugositat del fons. El mapa bionòmic (cf. aptat. *Relacions entre el relleu submarí i les comunitats bentòniques*) mostra que, a grans trets, les taques se situen en fons de rodòlits, per la qual cosa, donada la presència coincident de monticles i protuberàncies, convindria no descartar que hi pugui haver bioconstruccions amb cert desenvolupament vertical.

Ara bé, més enllà que les seves característiques d'intensitat de retrodifusió i el mateix fet de formar relleu indiquen que es tracta d'elements durs, si més no en la seva part central, aquesta hipòtesi caldria comprovar-la. L'origen d'aquests elements roman, però, incert a hores d'ara. De fet, ni tan sols estem segurs que tots els monticles i protuberàncies comparteixin un mateix origen. Convé no descartar tampoc, a hores d'ara, que les agrupacions de protuberàncies tinguin un origen antropogènic, com ara abocaments d'alguna mena, tot i que sembla poc probable. Cal fer notar que l'indret, a l'oest de l'illa des Conills, on hi ha una major concentració de petites protuberàncies és a tocar del límit occidental del PN de Cabrera, en part fora i en part dins, a uns 93 m de fondària, i a 2°55'10" de longitud est i entre 39°10'55" i 39°11'40" de latitud nord.

Assenyalem que també als freus, o si més no en determinats indrets dels freus, els valors d'intensitat de retrodifusió són relativament elevats (Fig. 7), fet que avalaria la presència de sediment groller i d'una microrugositat en el fons detectable per les sondes de batimetria de multifeix emprades en aquest estudi. De retruc, també suportaria la hipòtesi del transvasament de sediment de llevant a ponent a través dels freus (cf. aptat. *Esteles de sediment als freus* i *Relacions entre el relleu submarí i les comunitats bentòniques*).

REBLIMENT SEDIMENTARI DE CALES I BADIES

Les cales i badies del PN de Cabrera són un element singular de la seva fisiografia, i juntament amb caps i petites penínsules determinen la característica silueta extraordinàriament retallada de l'illa principal. Un tret que en major o menor mesura comparteixen aitals cales i badies és un relleu relativament suau amb pendents generals força regulars i suaus, si més no en part del seu rang batimètric (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*), atribuïble a l'acumulació de sediments amb predomini d'arenas, més o menys fangoses, tot i que localment, sobretot a prop de la costa, també hi ha fons de còdols, blocs i roca. La sedimentació és afavorida indubtablement pel caràcter arrecerat de cales i badies, i per la producció bentònica de partícules sedimentàries carbonatades (Canals i Ballesteros, 1997), amb contribucions degudes a l'erosió costanera, sobretot a rel de temporals, i a l'escolament superficial provocat per episodis de precipitació de certa intensitat. Així com abans parlàvem de cimentació (cf. aptat. *Crestes i barres de platja cimentades* i *Terrasses i esglaons submergits*), en ambients sedimentaris carbonatats temperats com el del PN de Cabrera també es produeixen diferents processos, físics i biogènics, entre els quals l'anomenada "maceració dels carbonats", que donen lloc a l'atrició i destrucció de les partícules grolleres de carbonat i a la formació de fang carbonatat, el qual s'acumula en indrets relativament profunds o arredossats dominats per condicions de baixa energia (Alexandersson, 1979; Alonso *et al.*, 1988; Blom i Alsop, 1988). La maceració fa que les partícules sedimentàries carbonatades es desintegren en els seus components estructurals microscòpics: agulles, fibres, plaquetes i grànuls, i es produeix mentre les

partícules són al fons marí en contacte amb l'aigua de mar. Tota mena de closques i components esquelètics carbonatats es transformen aleshores en llot calcari, el qual pot anar-se dissolent i/o acumular-se en indrets calcats (Alexandersson, 1979).

A Cabrera Gran, il·lustren els fons de cales i badies amb pendents i relleus suaus, a partir d'una distància de la línia de costa variable, generalment de pocs centenars de metres, els casos de cala Santa Maria, Es Port, les cales veïnes de cap Vermell i la punta d'Enciola, i la badia de l'Olla. Possiblement aquest fet tingui relació amb la major superfície de les conques de drenatge que aboquen a la majoria de badies o cales esmentades, en comparació amb la molt més petita superfície de les que desguassen en altres cales i entrants, com la cala Emboixar, just al nord de cap Ventós, entre altres, cosa que fa que en aquestes darreres el pendent del fons sigui més pronunciat i el relleu més irregular.

En aquest context, el canal que ressegueix l'eix d'Es Port entre 29 i 58 m de fondària al tàlveg (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*) actua probablement com una via de drenatge sedimentari cap a la plataforma continental oberta. Cal tenir present que els únics sistemes de drenatge terrestre de certa entitat que hi ha en tot el PN de Cabrera aboquen a Es Port (Fig. 5; cf. aptat. *Relacions entre el relleu submarí i la geologia emergida*). Es tracta del barranc o canal de ses Figueres, de direcció SE-NO, i del barranc o canal Llarg, de direcció sud-nord. El canal submarí esmentat és, en qualsevol cas, d'un element únic a tot el PN de Cabrera, de la mateixa manera que ho és el sistema de drenatge terrestre que possiblement l'alimenti amb aportacions sedimentàries esporàdiques.

INDICIS DE POSSIBLES ESSLAVISSAMENTS SUBMARINS

Els productes cartogràfics obtinguts mostren, més enllà dels descrits fins aquí, altres elements del relleu submarí. Un dels que creiem que paga la pena fer-ne esment és situat enfora del cap de Llebeig, a l'oest de Cabrera Gran, on el mapa de pendents (Fig. 6) mostra una **forma del relleu lobulada** que es projecta en direcció nord-oest més enllà del cap, entre 85 m i 100 m de fondària, de mides 1 x 0,9 km en direcció SE-NO i SO-NE, respectivament (Fig. 12). La seva capçalera és als espadats submergits que, en aquest punt, es perllonguen justament fins 85 m de profunditat. La superfície del lòbul mostra ben bé una dotzena de petits graons arcuats cap al nord-oest, en direcció a la part frontal del lòbul, a més d'alguns blocs o afloraments rocosos isolats al llarg o a prop dels seus límits laterals. Cal esmentar també que al sud-oest del lòbul el mapa de pendent dibuixa un seguit de replans i graons que s'obren cap al nord-oest mitjançant una mena de valleta de 300 m d'ample, la boca de la qual és flanquejada per sengles desnivells rectilinis. Tot plegat recorda molt i molt la configuració dels esllavissaments submarins de colada rocallosa (*debris flows*) de poc recorregut, els quals sovint mostren una forma lobulada característica, amb crestes o plecs de pressió que s'expressen en superfície mitjançant esglaons arquejats (Canals *et al.*, 2004). Fins i tot, ateses les seves característiques morfològiques, la valleta lateral podria correspondre a un corredor d'esllavissaments, amb la cicatriu principal situada a la capçalera de la mateixa valleta. L'expressió morfològica actual d'aital cicatriu estaria suavitzada per la seva pròpia degradació amb el pas del temps, i per l'acumulació de sediments post-esllavissament. Curiosament, i salvant les diferències d'escala i de context, els seus trets la fan força similar a l'esllavissament Gebra (vegeu Fig. 3 a Imbo *et al.*, 2003) i encara a altres esllavissaments submarins (Canals *et al.*, 2004).

El lòbul submarí del cap de Llebeig i la valleta adjacent, així com la resta d'elements morfològics menors esmentats, també són visibles en els mapes batimètric i d'intensitat de retrodifusió (Figs. 5 i 7), tot i que llur expressió en aquests mapes és menys cridanera que en el mapa de pendents (Fig. 6).

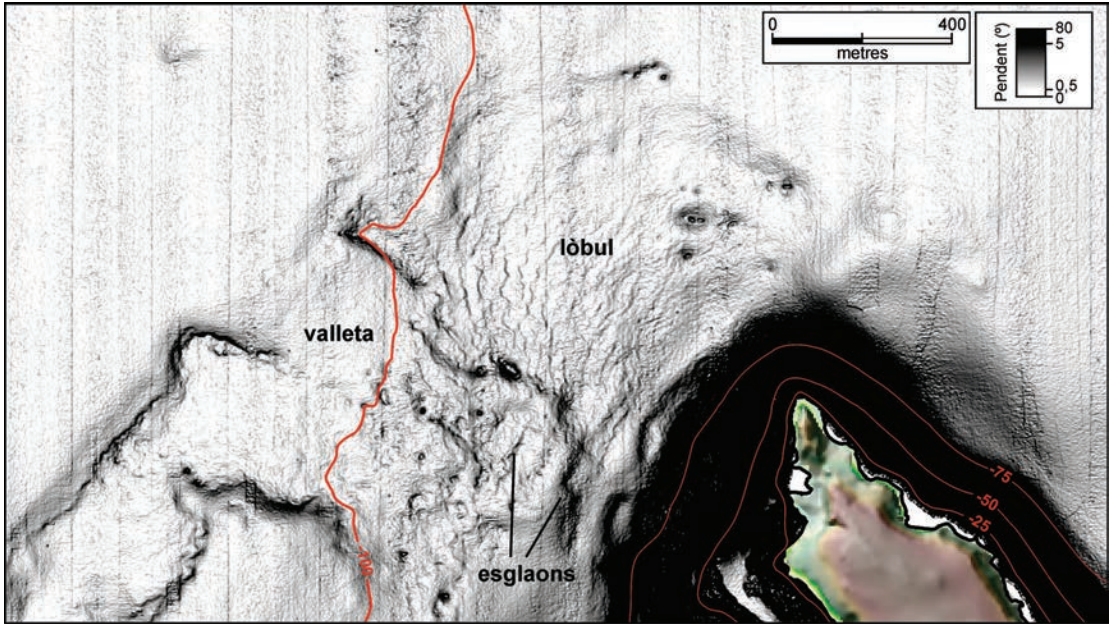


Figura 12 Detall del mapa de pendents (Fig. 6) corresponent al dipòsit en forma de lòbul que s'estén enfora del cap de Llebeig, i de la valleta que el voreja pel sud-oest. Noteu els petits esglaons arcuats de damunt del lòbul i també els esglaons de la capçalera de la valleta. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Vegeu situació a la Fig. 3.

RELACIONS ENTRE EL RELLEU SUBMARÍ I LA GEOLOGIA EMERGIDA

En treballs com el present, centrats en l'estudi del relleu submarí a una distància de la costa relativament curta, hi ha sovint la temptació d'intentar establir les relacions de l'estructura i les formacions geològiques, i del relleu emergit resultant, amb el relleu submergit. Hom pot pensar, d'entrada, que determinats trets de la costa, com ara trams rectilinis o penya-segats podrien estar relacionats amb elements estructurals, com ara falles, de la mateixa manera que formes submarines del relleu anàlogues també podrien tenir-hi relació, excloses les que tot i complir alguna de les condicions tenen clarament un altre origen, com per exemple les crestes i barres descrites adés les quals, tot i ésser rectilínies, no tenen en principi un control estructural directe, si més no al PN de Cabrera.

Per a poder escatir aitals relacions cal que la cartografia geològica i geomorfològica terrestre i la cartografia submarina comparteixin alguns aspectes bàsics, com ara que les escales i la resolució siguin similars. És clar, de tota manera, que una mancança és que els diferents mapes del relleu submarí, inclosa la seva resposta acústica, no són estrictament mapes geològics. Els efectes d'aquesta mancança només es poden reduir, i encara fins a cert punt, a partir de l'aplicació d'un criteri expert.

En el cas del PN de Cabrera hem tingut en compte els mapes geològics de Sàbat (1984) dins Sàbat *et al.*, (1993) i de l'ITGE (1991) referits, en el primer cas, a Cabrera Gran i als illots més propers i, en el segon cas, al conjunt de l'arxipèlag. Altres mapes més antics que també hem pogut consultar són d'escassa utilitat per a la finalitat que pretenem.

L'arxipèlag de Cabrera és la continuació sud-occidental de les Serres de Llevant de Mallorca, amb les que hi manté grans semblances geològiques (Sàbat *et al.*, 1993). Els dos mapes esmentats assenyalen el predomini de materials del mesozoic, sobretot juràssics, formats predominantment per calcàries de diversa composició. Localment també afloren argiles bigarrades amb guixos, i bretxes i dolomies del triàsic i calcàries del cretaci inferior. Sàbat *et al.*, (1993) assenyalen la presència d'olistòlits i

també nombrosos olistostromes dins els materials del juràssic mig i superior, i del cretaci inferior. L'eocè, format per calcàries, conglomerats, llims i argiles, ocupa una àmplia franja que s'estén des de la badia de l'Olla fins a cala Santa Maria, és a dir, de costat de l'illa de Cabrera Gran, tot i ocupant bona part del caparrot en forma de península de l'extrem nord de l'illa. També hi ha afloraments eocens terra endins del codolar de l'Imperial, al sud-est i al sud d'Es Port i a la cala del Coll Roig. El tortonià-messinià apareixeria de forma molt localitzada, formant una franja molt estreta de calcàries esculloses i calcàries oolítiques només a la costa nord de l'illa, al nord de la cala Emboixar (Sàbat *et al.*, 1993). El plio-pleistocè, format per marès, un tipus de calcarenita bioclàstica de gra mig a groller, ocupa segons l'ITGE (1991) una estreta franja paral·lela a la costa més septentrional de Cabrera Gran, un xic terra zendins, que no apareix al mapa de Sàbat *et al.*, (1993). Finalment, hi ha presència de llims i argiles al·luvials, i de blocs i còdols col·luvials del quaternari als dos barrancs principals que desguassen a Es Port; un d'ells, el canal de ses Figueres, és el de més recorregut de tot l'arxipèlag, estenent-se 2 km en direcció NO-SE cap a l'interior de l'illa, probablement seguint una falla. L'altre és el canal Llarg, ja esmentat (cf. aptat. *Rebliment sedimentari de cales i badies*). El quaternari també forma petites taques en altres indrets, generalment a tocar de la línia de costa, coincidint amb la gola d'alguns barrancs.

Pel que fa als illots septentrionals, des de l'illa des Conills fins Na Foradada, tots ells són format per materials juràssics anàlegs als de Cabrera Gran, recoberts de forma més o menys extensa per marès plio-pleistocè. A Na Foradada hi hauria un petit aflorament de tortonià-messinià (ITGE, 1991).

L'estructura de Cabrera Gran és determinada per un seguit de falles normals i encavalcaments, i per uns pocs plecs (Sàbat *et al.*, 1993). Així, hom ha identificat dos sistemes de falles normals conjugades ben desenvolupats, de direccions dominants ONO-ESE i OSO-ENE, així com nombrosos encavalcaments en diferents direccions. Els fronts dels encavalcaments solen estar relacionats amb les argiles bigarrades amb guixos del triàsic de facies *keuper*. A l'illa des Conills també s'han cartografiat falles orientades ONO-ESE i un encavalcament a la part sud-oriental (ITGE, 1991).

Més enllà dels sistemes de fractures, hom diferencia dues unitats tectòniques superposades: i) una unitat inferior que formaria l'autòcton relatiu (tot i que també podria tractar-se d'una unitat al·lòctona), constituït pels materials juràssics, cretacis i eocens, plegats en direcció NO-SE i amb vergència cap al nord-est; i ii) una unitat superior que encavalca la unitat inferior, formada per les argiles i els guixos del triàsic, que haurien actuat de nivell de desenganxament, i per calcàries del juràssic inferior. Els plans d'encavalcament tindrien inclinacions modestes, tot i que poden haver estat duts a posicions més verticals posteriorment. A Cabrera Gran, els materials eocens esmentats adés ocuparien tres sinclinals separats per dos anticlinals (ITGE, 1991).

Les cartografies geològiques esmentades suggereixen la prolongació mar endins de força falles identificades a terra. També mostren que alguns trams de costa són definits per plans de falla o, en tot cas, es troben a escassa distància dels mateixos. Seria el cas de la costa meridional de la cala Santa Maria, o del tram de costa comprés entre les puntes de sa Corrent i de sa Corda, a la costa nord de Cabrera Gran, i també d'indrets concrets on trams generalment rectilinis dels penya-segats costaners coincideixen amb plans de falla com, per exemple, entre la punta de sa Corda i cala Santa Maria, als voltants de cap Xoriguer, a la península del cap de Llebeig, i a la punta des Burrí (Sàbat, 1984).

Hom podria pensar també que els entrants i sortints més pronunciats i de majors dimensions de Cabrera Gran estiguessin definits per falles majors no del tot identificades o recobertes per materials recents. Aquest podria ser particularment el cas d'Es Port i de les penínsules del cap de Llebeig i de cap Xoriguer que el flanquegen. Els materials quaternaris del fons del barranc principal, el canal de ses Figueres, de direcció SE-NO, que aboca a la costa meridional d'Es Port probablement tapen la continuació del front d'encavalcament de la mateixa direcció identificat tant a Sàbat (1984) com a ITGE (1991). De fet, el canal submarí que segueix el tàlveg d'Es Port, igualment de direcció SE-NO (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Rebliment sedimentari de cales i badies*; <http://www.ideo-cabrera.ieo.es>), podria correspondre perfectament a la traça en direcció nord-oest del mateix

front d'encavalcament. Així doncs, aquest element únic en el relleu submarí del PN de Cabrera tindria un origen i un control tectònics. El cas d'Es Port il·lustraria, per tant, un bon encaix entre l'estructura geològica observada a terra, el perfil de la costa i un element destacat del relleu submarí. Tot plegat, apunta, per altra banda, a què el front de l'**encavalcament del canal de ses Figueres-Es Port** seria el més remarcable de tot l'arxipèlag. A més, cal assenyalar que el penya-segat que forma la costa sud del codolar de l'Imperial, a l'altra banda de l'illa, segueix la mateixa direcció i està perfectament alineat amb el front d'encavalcament i el canal submarí esmentats. Una situació semblant, seguint la mateixa direcció SE-NO, podria ocórrer, travessant també tota l'illa, al llarg d'un corredor que aniria des de la badia de l'Olla, a la costa est, fins cala Santa Maria, a la costa oest. En aquest cas, però, no s'observa en el fons marí cap mena d'element morfològic o morfoestructural lineal en la direcció del possible pla d'encavalcament, ni a l'Olla ni a la cala Santa Maria.

La continuïtat d'altres falles normals i fronts d'encavalcament més enllà de la línia de costa, sota les aigües, no és, en general, òbvia. De tota manera, un examen atent dels elements morfològics submergits permet apuntar algunes possibles connexions. Així, a Cabrera Gran, l'encavalcament que, segons la cartografia de Sàbat (1984), defineix el barranc de direcció SSO-NNE que desguassa just a l'oest de la punta des Burrí, sembla tenir continuïtat en forma d'un penya-segat submarí orientat oest-est que s'estén fins 20 m de fondària, situat davant per davant de la protuberància arrodonida que forma la mateixa punta. És possible també que, en alguns trams, la direcció dels esglaons submarins superior i intermedi entre l'extrem nord de l'Olla i la cala Emboixar, on són separats per una estreta terrassa o es troben pràcticament amalgamats, segons l'indret (cf. aptat. *Terrasses i esglaons submergits*), estigui condicionada per les falles identificades a terra en aquesta part de l'illa.

També els forts desnivells submarins adjacents a la costa entre la punta de sa Corda i la part nord-occidental de cala Santa Maria, pràcticament entre 0 i 30 m, o fins i tot 50 m de fondària, i el seu dibuix, semblen condicionats, si més no en alguns trams, per la continuació d'algunes de les falles cartografiades a terra. La direcció estructural SSE-NNO, ben patent a la península de cap Xoriguer, també s'imposa en els fons marins propers, al costat occidental de cala Santa Maria, de la mateixa manera que altres direccions estructurals a l'extrem nord de la península es traslladen als abruptes fons marins adjacents (compari's Sàbat, 1984 amb les figures 3, 5, 6 i 7 i amb <http://www.ideo-cabrera.ieo.es>). A la península del cap de Llebeig, la direcció estructural SSE-NNO, que controla la configuració d'Es Port, també té un paper determinant, especialment cap a l'est, amb penya-segats i talussos submarins que s'estenen des de la cota zero fins 75 m de fondària. A la costa oest de la mateixa península, la cala Galiota, amb una forma de calaix reveladora, té un clar control estructural SE-NO que s'estén mar endins, ben bé fins 50 m de profunditat. Una situació semblant es dona a les petites cales del Mal Entrador Gran i del Mal Entrador Petit, al sud de l'anterior.

Esmentem també que s'observa un control per falles normals a la cala de l'Escala, a la costa de ponent de l'illa des Conills, en concret des de la punta de s'Homonet fins la costa interior de la cala, a la costa de l'Escala, i fins i tot podria ser que la costa del cul de sac de la cala, ben rectilínia i orientada SO-NE estigues controlada per una falla, tot i que el mapa de l'ITGE (1991) no la mostri. De fet, la mateixa forma de calaix de la cala de l'Escala suggereix un control estructural.

RELACIONS ENTRE EL RELLEU SUBMARÍ I LES COMUNITATS BENTÒNIQUES

Als fons marins del PN de Cabrera s'hi desenvolupa un seguit d'hàbitats bentònics propis de les plataformes carbonatades de la mar Mediterrània occidental (Ballesteros *et al.*, 1993; Diversos autors, 2007, 2013; Templado *et al.*, 2012). Alguns d'aquests hàbitats han rebut una atenció especial, per raons diverses, com ara les prades de *Posidonia oceanica* i de fanerògames marines en el seu conjunt, el coral·ligen, l'avellanó (o grapissar, o rodòlits) i encara d'altres (vegeu, per exemple, Pergent *et al.*, 1994; Marbà *et al.*, 1996; Canals i Ballesteros, 1997; Garrabou *et al.*, 2003; Ballesteros, 2006; Joher *et al.*, 2012; Personnic *et al.*, 2014; Grinyó *et al.*, 2016; Ballesteros *et al.*, 2018).

Els darrers anys s'han fet força esforços per cartografiar aquests hàbitats. A les Balears, il·lustren aquesta mena de cartografies els exemples aportats per Ballesteros *et al.*, (2013) o la cartografia d'hàbitats bentònics del canal de Menorca, duta a terme en el marc del projecte Life+ Indemares, accessible a través del portal del mateix projecte (<http://indemares.es/areas-marinas/canal-de-menorca>) o del portal EMODNED (<http://www.emodnet.eu/seabed-habitats>). Aquestes cartografies permeten apreciar la notable diversitat d'hàbitats que hom ha pogut diferenciar.

Dins els PN de Cabrera s'han dut a terme estudis i cartografies bionòmiques dels hàbitats bentònics, entre els quals l'estudi d'Aguilar *et al.*, (2008) i la cartografia bionòmica inclosa al visor del PN de l'arxipèlag de Cabrera de l'IEO (<http://www.ideo-cabrera.ieo.es/>), efectuada en el marc del projecte *Seguimiento Ecológico del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera* dut a terme fins l'any 2012 per l'empresa Tragsatec, per encàrrec del *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Aquesta cartografia segueix la classificació d'hàbitats EUNIS (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>), per la qual cosa les denominacions de diferents hàbitats que esmentarem d'ara en endavant faran referència a aquesta classificació. Hi ha també una carta bionòmica de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears (s/d), anomenada "Tipologia de fons marí - Cabrera" (sic), les similituds de la qual amb la penjada al visor de l'IEO són patents, de la qual cosa se'n desprèn que totes dues beuen de la mateixa font, tot i que la del visor de l'IEO té un recobriment geogràfic més gran.

A priori, hom pot pensar que l'anàlisi comparada de mapes del relleu i de les propietats acústiques del fons marí, com els que constitueixen la base d'aquesta contribució (Figs. 3, 5, 6 i 7), i de mapes d'hàbitats bentònics pot aportar alguna llum que permeti entendre millor les relacions entre uns i altres. No es tracta pas d'escatir la relació entre comunitats bentòniques i el tipus de substrat o la profunditat, les quals són prou conegudes, sinó entre comunitats, o hàbitats, i formes del relleu específiques en el cas concret del PN de Cabrera.

Per a fer aquest exercici ens basarem, doncs, en la cartografia bionòmica del visor de l'IEO, el qual incorpora també informació batimètrica amb una equidistància entre isòbates d'un metre (<http://www.ideo-cabrera.ieo.es/>). Naturalment, no podem respondre de la bondat d'aital cartografia sinó que, senzillament, l'assumim, tot i essent conscients que qualsevol cartografia d'aquesta mena manca de la finesa d'una descripció o caracterització acurada dels hàbitats corresponents la qual, per altra banda, tampoc és necessària per a l'exercici que plantejem. Cal tenir també en compte que la cartografia bionòmica esmentada no recobreix la totalitat dels fons marins del PN de Cabrera, per la qual cosa hi ha indrets dels quals coneixem les formes del relleu però no els hàbitats bentònics, tot i que puguem pressuposar quins haurien de ser. Aquesta circumstància és particularment remarcable en el que, a partir de criteris fisiogràfics, hem anomenat sector sud del PN de Cabrera (cf. aptat. *Trets generals del relleu submari*). En concret, a més de 70 m o 80 m de fondària segons l'indret el sector sud no és cobert per la cartografia bionòmica. Tot i això, les formes del relleu observades i la resposta acústica del fons indiquen una alternança entre fons sedimentats i fons durs.

Més enllà dels indrets costaners i dels freus més somers, dominats per comunitats pròpies de les roques infralitorals i per prades de *P. oceànica*, un dels aspectes que més crida l'atenció de la cartografia bionòmica del PN de Cabrera és l'asimetria, a partir d'uns 30 m de fondària, entre els fons que queden a l'est i els que queden a l'oest de les illes que formen l'arxipèlag i també, tot i que amb un grau menor, entre els que hi ha més al nord i més al sud. Així, als fons relativament profunds situats a llevant destaquen, per l'extensió que ocupen, l'associació amb l'alga rodofícia erecta *Osmundaria volubilis* i els fons rocosos, mentre que en els situats a ponent ho fan els sediments solts, amb claps de rodòlits, de vegades de considerable extensió, i taques esparses de coral·ligen. Per altra banda, el contrast entre els fons septentrionals i meridionals relativament profunds es palesa per l'abundor de l'associació amb rodòlits en fons detrítics costaners i sediments solts circalitorals, amb taques de coral·ligen, al sud, i pel predomini gairebé absolut dels sediments infralitorals i circalitorals solts al nord. A més, els sectors que, basant-nos en la fisiografia submarina, hem anomenat nord i central (cf. aptat. *Trets generals del relleu submari*) també presenten, entre ells, diferències palpables pel que fa als hàbitats bentònics. Dit d'una altra manera, a partir d'una certa distància a la costa, la fisiografia i les formes del relleu submari i, naturalment, la profunditat, condicionen directament i en grau elevat els hàbitats bentònics.

Il·lustra a la perfecció tant l'asimetria est-oest com el condicionament morfològic el cas del sector nord, amb la planassa de l'illa des Conills, a l'est, amb la ja esmentada associació amb *O. volubilis*, mentre que a l'oest, a distàncies de la costa equivalents, els fons són dominats per sediments circalitorals i infralitorals, amb presència de camps de rodòlits en alguns indrets i taques molt localitzades i de minsa extensió, de coral·ligen. És clar que l'ampla planassa de l'illa des Conills se situa entre 30 i 50-55 m de fondària, mentre que a l'oest de l'illa des Conills els 50 m s'ultrapassen a una distància mitjana de 200 m de la línia de costa (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*). Per tant, a l'asimetria batimètrica i fisiogràfica li correspon una asimetria bionòmica patent (Figs. 3, 4 -tall B-B'-, 8 i 12).

De fet, l'extensíssima taca de l'associació dominada per *O. volubilis* de la planassa de l'illa des Conills s'estén des del cap de sa Carabassa, al límit nord-oriental de l'Olla, enfora de Cabrera Gran, cap al nord, fins al límit septentrional del Parc. Per altra banda, és conegut, d'acord amb Ballesteros (1992), que la comunitat dominada per *O. volubilis* es desenvolupa sobre substrat rocós amb sediment abundant, com és el cas de la planassa de l'illa des Conills. Així, a partir de 34 a 36 m de fondària, segons l'indret, s'hi desenvolupen ones de sediment corresponents als hàbitats anomenats sediments gruixats infralitorals i sediments mixtos circalitorals, de vegades adossades a les barres i crestes rocoses característiques de la planassa (cf. aptat. *Crestes i barres de platja cimentades*). En particular, les grans ones de sediment de la part més oriental de la planassa (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*) es mostren a la perfecció a la cartografia bionòmica, doncs formen un patró característic de franges sinuoses de sediments mixtos infralitorals dins els fons dominats per l'associació amb *O. volubilis*. Per la seva banda, les barres i crestes *s. str.* també queden perfectament retratades a la cartografia bionòmica, doncs corresponen a l'hàbitat anomenat roques infralitorals i altre substrat dur. Convé assenyalar també que fora de la planassa de l'illa des Conills, és a dir a l'est de la major part de Cabrera Gran i a l'oest de l'arxipèlag, l'associació amb *O. volubilis* hi és absent, la qual cosa demostra encara més si cal el condicionament fisiogràfic de la distribució de les comunitats bentòniques, doncs no hi ha en tot el Parc un indret semblant a l'esmentada planassa.

A les terrasses més somes a llevant de Cabrera Gran (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Terrasses i esglaons submergits*) hi tenen una presència destacada les comunitats de fanerògames, amb predomini de la *Posidonia*, i també amb sediments gruixats i mixtos infralitorals. Al codolar de l'Imperial, més enllà de la terrassa corresponent, a partir de poc més de 30-35 m, hi ha una gran extensió de l'associació de rodòlits en fons detrítics costaners on, a banda de l'esglaó extern de la mateixa terrassa, no s'observen elements destacats en el relleu submarí. A la badia de l'Olla hi ha una notable extensió de fons d'arenas fines infralitorals, on s'acumulen segurament afavorides pel caràcter arrecerat de l'indret. També hi ha claps de *Cymodocea* a la mateixa terrassa de l'Olla, més enllà de la qual, ja a més de 30 m, predominen els sediments mixtos infralitorals, els quals ocupen una gran extensió.

El petit doble esglaó rectilini, a tocar de la isòbata de 30 m, que enllaça l'extrem nord-est de Cabrera Gran, a cap Ventós, i l'illot de Na Redona (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Terrasses i esglaons submergits*) també apareix ben diferenciat a la cartografia bionòmica, corresponent-li l'hàbitat de roques infralitorals i altre substrat dur.

Pel que fa a la distribució d'hàbitats, els freus són indrets molt condicionats per la seva profunditat, per la superfície que ocupa cada rang batimètric i per la hidrodinàmica que els hi és pròpia. En el cas concret dels freus al sud i al nord de Na Redona, la prevalença de sediments gruixats infralitorals i, en menor mesura, de sediments mixtos infralitorals que assenyala la carta bionòmica, sembla donar suport a l'existència d'un transvasament de sediment de llevant a ponent (cf. aptat. *Esteles de sediment als freus*). La resta de freus dels illots septentrionals són, en general, més somes i, per tant, presenten un notable desenvolupament de les prades de *Posidonia*, especialment a les parts centrals i cap a llevant de les mateixes. L'excepció és el freu entre l'illot Pla i el grup de Na Foradada, força més profund que la resta (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*).

Els monticles i protuberàncies, isolats o formant grups (cf. aptat. *Monticles i agrupacions de protuberàncies amb alta intensitat de retrodifusió*), no corresponen, aparentment, a cap hàbitat

específic de presència molt local. Els clústers més propers a l'illa des Conills, a l'oest de la mateixa, queden situats de ple dins l'hàbitat dels sediments mixtos circalitorals. Només a la parella de monticles que hi ha al NNO de Na Foradada, entorn els 60 m de fondària, s'hi aprecia una petita taca de coral·lígen entremig de sediments infralitorals i circalitorals, tot i que amb un perímetre que no s'ajusta al relleu definit per aitals monticles. Per la seva banda, els clústers més profunds, a l'est de l'illa des Conills, no estan coberts per la cartografia bionòmica.

Les diferents cartografies mostren també una associació clara entre alta intensitat de retrodifusió, el pendent i la presència de comunitats pròpies de fons rocosos, eventualment amb presència de claps de sediment. Ens referim als hàbitats de roques infralitorals i circalitorals, al coral·lígen i també a l'associació amb *O. volubilis*. Aquesta relació és nítidament apreciable en moltíssims indrets, doncs els caparrots i afloraments rocosos aïllats presenten intensitats de retrodifusió i pendents elevats. A títol d'exemple esmentarem un alt rocós que hi ha a la boca de la cala Santa Maria, i també un esquenall rocós que prolonga mar endins, en direcció est-oest, la península d'Enciola (Figs. 6 i 7 i <http://www.ideo-cabrera.ideo.es/>).

Els extensos camps de dunes submarines profundes del sud de Cabrera Gran (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Terrasses i esglaons submergits*) es desenvolupen predominantment en sediments mixtos circalitorals. Entre aquest camp de dunes i els hàbitats infralitorals del sud de Cabrera Gran, i també al sud, oest i nord-oest de l'illa des Conills, hi ha grans extensions de fons de rodòlits que, comunament, no mostren cap mena de forma de relleu específica, si més no apreciable mitjançant les tècniques cartogràfiques emprades. Escampades ací i allà apareixen taques de coral·lígen lligades a afloraments rocosos.

En definitiva, la cartografia bionòmica del PN de Cabrera, i el que d'ella se'n desprèn, sembla confirmar la bondat de les nostres interpretacions pel que fa a la naturalesa del fons marí i a la seva translació a les formes del relleu submergit.

CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

La batimetria de multifeix és la tècnica més idònia per a la cartografia submarina de base, i com a tal s'ha imposat arreu. Això és així per la seva versatilitat i perquè, quan hom la desplega des d'un vaixell, proporciona una resolució ajustada al rang de profunditat objecte d'investigació. A més de mapes batimètrics permet generar un seguit de productes derivats, com ara mapes de pendents i d'intensitat de retrodifusió, els quals permeten estudiar en detall les formes submarines del relleu i aproximar, a grans trets, llur naturalesa sedimentària o rocosa.

La cartografia batimètrica de multifeix del PN de Cabrera mostra, per una banda, una notable asimetria entre la fisiografia submarina a llevant i a ponent de l'arxipèlag, amb perfils més suaus i més somers a l'est, i perfils més rostos i pregons a l'oest. Una asimetria similar s'aprecia també entre els fons situats al nord i al sud de l'arxipèlag.

Les formes del relleu submarí del PN de Cabrera són prou diverses, i permeten endevinar els factors de diversa índole que les han conformades. Així, un seguit de barres i crestes, ara cimentades, són probablement el resultat del darrer ascens del mar postglacial i de la migració associada de la línia de costa. Les barres més grans observades dins el Parc tenen llargades quilomètriques i amplades de centenars de metres. També estarien relacionades amb el darrer ascens del nivell del mar, i particularment amb fases d'estabilització o de desacceleració de la taxa d'ascens, un seguit de terrasses esglaonades observades sobretot a l'est de Cabrera Gran.

Hi ha igualment nombroses formes del relleu, tant actives com possiblement relictos, indicadores d'un transport tractiu de sediment significatiu. Són dunes de mitja lluna i, sobretot, ones de sediment de mides diverses, algunes de les quals qualifiquem de "gegants" per les seves dimensions individuals. Hom troba aquesta mena de formes del relleu agrupades en camps que poden assolir uns quants quilometres quadrats d'extensió, de vegades a profunditats considerables (per exemple,

més de 100 m al sud de Cabrera Gran). A l'est de l'illa des Conills, barres, crestes i ones de sediment de mides diverses formen un mosaic de gran diversitat morfològica.

Els freus, en tant que constriccions topogràfiques, són indrets en què la dinàmica marina i els seus efectes tendeixen a accentuar-se. Diversos elements dins les cartografies efectuades, com el major aprofundiment dels freus cap a l'oest, la presència de formes de fons indicadores de transport tractiu i els patrons de la intensitat de retrodifusió, semblen indicar la prevalença del transport de sediment cap a ponent.

Prop de la costa les acumulacions de sediment més destacades es donen a les cales, badies i entrants més arrecerats, en alguns dels quals, entorn de Cabrera Gran, hi desguassen barrancs de certa rellevància, com és el cas d'Es Port. Costa enfora, més enllà del fons de roques infralitorals, és on es formen dipòsits extensos de sediments carbonatats infralitorals i circalitorals. Justament el tàlveg d'Es Port és ocupat per un canal submarí de gairebé 1 km de llargada que constitueix un element únic a tot el Parc. L'alineació d'aquest canal amb el barranc de Ses Figueres, el més gran de terra ferma, apunta a que ambdós responen a un control estructural corresponent a un front d'encavalcament que travessa Cabrera Gran de SE a NO, segons revela la cartografia geològica a terra.

Enfora del cap de Llebeig el fons marí presenta una forma lobulada amb esglaons arquejats al damunt i acumulacions de blocs al llarg dels seus límits laterals, elements propis de molts esllavissaments submarins del tipus colada rocallosa. A més, just al sud d'aquest lòbul, hi ha una valleta amb un seguit de grades al seu interior, i una gola limitada per esglaons laterals rectilinis ben marcats, que podria correspondre a una cicatriu d'un esllavissament adossat.

La fisiografia general i les formes submarines del relleu, associades a tipologies de fons concretes, dures o sedimentades, condicionen també la distribució dels hàbitats bentònics, i d'algun d'ells molt en particular. És el cas, entre altres, de l'associació amb l'alga erecta *O. volubilis*, que es desenvolupa a pleret a la planassa eminentment circalitoral de l'illa des Conills, o del coral·ligen associat a afloraments rocosos allunyats de la costa.

Tot l'exposat en aquesta contribució palesa tres fets principals: i) que la fisiografia general del PN de Cabrera és deguda a esdeveniments del passat geològic lligats a la formació de les serralades bètiques i l'obertura de la conca pregonada entre el promontori Balear i el nord d'Àfrica, al Miocè, és a dir fa desenes de milions d'anys; ii) que les formes del relleu dels fons marins del PN de Cabrera, sobreposades a la fisiografia general, són degudes fonamentalment a l'acció combinada de les fluctuacions globals del nivell del mar i de processos geològics i oceanogràfics durant els darrers mil·lennis, especialment des del Darrer Màxim Glacial, és a dir durant els darrers 19 ka; i iii) que el conjunt de formes submarines del relleu, d'una alta diversitat i cadascuna amb un significat propi, és un element altament valuós que forma part dels actius del PN de Cabrera i que, com a tal, convé destacar i donar a conèixer, per si mateix i també per la seva estreta relació amb els valors biòtics representats pels hàbitats marins que s'hi desenvolupen.

Pel que fa a recomanacions, se'ns ocorre fer-ne dues de genèriques i una altra d'específica, les quals per altra banda estan inevitablement interrelacionades. Entre les genèriques, la primera és constituir, mantenir i actualitzar regularment una base de dades o dipòsit digital, de lliure accés per internet, amb totes les dades primàries i documents referits al PN de Cabrera i al seu entorn. L'aproximació hauria de ser eminentment pràctica, amb una vocació de divulgació i servei allunyada de pompes i escarafalls, i amb una gestió que fos encomanada a una entitat que en pogués garantir la viabilitat a mig i llarg termini. La segona recomanació entre les genèriques és estendre i aprofundir l'exploració i l'estudi científic sistemàtic i rigorós, amb tècniques avançades, dels fons marins dins el mateix PN de Cabrera i en el seu entorn, tenint present tant una possible ampliació, que sempre ha d'estar ben fonamentada científicament, com un millor coneixement dels seus valors, inclosos, naturalment, els de caràcter geològic.

La recomanació específica fa referència a algunes formes del relleu sobre les quals, a banda de constatar la seva existència dins el PN de Cabrera, a hores d'ara tenim més preguntes que respostes. Així, seria desitjable fer algun estudi dedicat a conèixer amb certesa la naturalesa i característiques dels monticles i agrupacions de protuberàncies identificades en alguns indrets. Què són concretament? Què o quins organismes les formen? Representen un hàbitat encara no identificat? Són actives o són formes fòssils? Quina és la seva història? Quelcom semblant podríem dir sobre els possibles dipòsit i cicatriu d'esllavissaments enfora del cap de Llebeig, a Cabrera Gran. De fet, no hi ha cap de les formes del relleu descrites en aquesta contribució per a la qual no se'ns acudeixi algun tipus de recerca que permetria una molt convenient millora del seu coneixement. Ens sembla altament convenient plantejar-se la realització de campanyes oceanogràfiques de mostreig (per caracteritzar i datar els materials), de geofísica (per conèixer l'estructura interna i la història de cossos sedimentaris i formes del relleu), de mesures in situ (per determinar paràmetres ambientals clau, entre els quals la dinàmica de corrents i transport de sediment, i la seva variabilitat), i d'observació directa (per tenir imatges in situ d'alta qualitat). De fet, la cartografia que aquí es presenta és una de les bases necessàries per plantejar-se amb coneixement de causa totes aquestes qüestions, i encara altres, i per tirar endavant accions concretes.

AGRAÏMENTS

Els autors volem agrair als editors d'aquest volum el fet d'haver-nos convidat a contribuir-hi, i molt en particular a en J.J. Fornós qui, a més, ens ha proporcionat documentació diversa de gran utilitat. També estem agraïts al projecte europeu ASTARTE (*Assessment, Strategy And Risk Reduction for Tsunamis in Europe*, GA núm: 603839), finançat per la Comissió Europea dins el seu VII Programa Marc, en el sí del qual s'adquiren les dades presentades aquí. Igualment expressem el nostre agraïment a la *Comisión de Coordinación y Seguimiento de las Actividades de los Buques Oceanográficos* (COCSABO), del MICINN, i a l'*Instituto Español de Oceanografía* (IEO), per l'assignació de vaixell i de temps per la campanya oceanogràfica ASTARTE-BAL. Vagi el nostre agraïment a l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR), de la Generalitat de Catalunya, pel seu suport al Grup de Recerca Consolidat en Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (ref. 2017 SGR 315). I també a tots els companys que participaren en l'esmentada campanya oceanogràfica i als que, d'una manera o altra, ens han facilitat la feina.

REFERÈNCIES

- Acosta, J., Muñoz, A., Herranz, P., Palomo, C., Ballesteros, M., Vaquero, M. i Uchupi, E., 2001. Geodynamics of the Emile Baudot Escarpment and the Balearic Promontory, western Mediterranean; *Marine and Petroleum Geology*, 18: 349-369.
- Acosta, J., Canals, M., López, J., Muñoz, A., Herranz, P., Urgeles, R., Palomo, C. i Casamor, J.L., 2002. The Balearic Promontory geomorphology (western Mediterranean): morphostructure and active processes; *Geomorphology*, 49 (3-4): 177-204.
- Acosta, J., Ancochea, E., Canals, M., Huertas, M.J. i Uchupi, E., 2004a. Early Pleistocene volcanism in the Emile Baudot Seamount, Balearic Promontory (Western Mediterranean Sea); *Marine Geology*, 207 (1-4): 247-257.
- Acosta, J., Canals, M., Carbó, A., Muñoz, A., Urgeles, R. i Uchupi, E., 2004b. Sea floor morphology and Plio-Quaternary sedimentary cover of the Mallorca Channel, Balearic Islands, Western Mediterranean; *Marine Geology*, 206: 165-179.
- Aguilar, R., De la Torriente, A. i García, S., 2008. *Estudio bionómico de Cabrera*; Govern de les Illes Balears i Oceana, 56 p.
- Alexandersson, E.T., 1979. Marine maceration of skeletal carbonates in the Skagerrak, North Sea; *Sedimentology*, 26: 845-852.
- Alóisi, J.C., Monaco A., Planchais, N., Thommeret, J. i Thommeret, Y., 1978. The Holocene transgression in the golfe du Lion, southwestern France: paleogeographic and paleobotanical evolution; *Géographie physique et Quaternaire*, 32 (2): 145-163.
- Alonso, B., Guillén, J., Canals, M., Serra, J., Acosta, J., Herranz, P., Sanz, J.L., Calafat, A. i Catafau, E., 1988. Los sedimentos de la plataforma continental balear; *Acta Geologica Hispanica*, 23 (3): 185-196.
- Ballesteros, E. 1992. Els fons rocosos profunds amb *Osmundaria volubilis* (Linné) R.E. Norris a les Balears; *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 35: 33-50.
- Ballesteros, E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge; *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44: 123-195.

- Ballesteros, E., Aguilar, R. i Canals, M., 2013; in D. Bueno (Dir. Cient.): *Els monts submarins; Ecosistemes dels Països Catalans* – Atlas, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 118-119.
- Ballesteros, E., Canals, M. i Cebrian, E., 2013. La cartografia del bentos marí; in D. Bueno (Dir. Cient.): *Ecosistemes dels Països Catalans* – Atlas, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 102-103.
- Ballesteros, E., Cebrian, E., Tomas, F., Aguilar, R., Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Verdura, J. i Garrabou, J., 2020. Els fons circalitorals: coral·ligen i avellanó; aquest llibre.
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., Garcia-Rubies, A. i Turon, X., 1993. El bentos: les comunitats; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 687-730.
- Bard, E., Hamelin, B. i Delanghe-Sabatier, D., 2010. Deglacial meltwater pulse 1B and Younger Dryas sea levels revisited with boreholes at Tahiti; *Science*, 327: 1235-1237.
- Blom, W.M i Alsop, D.B., 1988. Carbonate mud sedimentation on a temperate shelf: Bass Basin, southeastern Australia; *Sedimentary Geology*, 60 (1-4): 269-280.
- Camerlenghi, A., Accettella, D., Costa, S., Lastras, G., Acosta, J., Canals, M. i Wardell, N., 2009. Morphogenesis of the SW Balearic continental slope and adjacent abyssal plain, Western Mediterranean Sea; *International Journal of Earth Sciences*, 98 (4): 735-750.
- Canals, M. i Ballesteros, E., 1997. Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea; *Deep-Sea Research II*, 44 (3-4): 611-629.
- Canals, M., Serra, J. i Riba, O., 1982. Toponímia de la Mar Catalano-Balear (con un glosari de términos genéricos); *Bollet de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 26: 169-194.
- Canals, M., Amblàs, D., Lastras, G., Sánchez-Vidal, A., Calafat, A.M., Rayo, X. i Casamor, J.L., 2012. Els canyons submarins; *Història Natural dels Països Catalans: La Terra a l'Univers* (suplement), Fundació Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 251-272.
- Canals, M., Lastras, G., Urgeles, R., Casamor, J.L., Mienert, J., Cattaneo, A., De Batist, M., Hafliadason, H., Imbo, Y., Laberg, J.S., Locat, J., Long, D., Longva, O., Masson, D.G., Sultan, N., Trincardi, F. i Bryn, P., 2004. Slope failure dynamics and impacts from seafloor and shallow sub-seafloor geophysical data: Case studies from the COSTA project; *Marine Geology*, 213 (1-4): 9-72.
- Canals, M., Puig, P., Heussner, S., Durrieu de Madron, X., Palanques, A. i Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons; *Nature*, 444: 354-357.
- Cronin, T.M., 2012. Rapid sea-level rise; *Quaternary Science Reviews*, 56: 11-30.
- Cuerda, J., 1989. *Los tiempos cuaternarios de las Baleares*; Dir. Gral. Cultura, Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear, Mallorca, 305 p.
- Diversos autors, 2007. *El Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera: un enclave militar conservado para el futuro*; Centro de Publicaciones, Ministerio de Defensa, Gobierno de España, Madrid, 220 p.
- Diversos autors, 2013. Els ecosistemes marins; in D. Bueno (Dir. Cient.): *Ecosistemes dels Països Catalans* – Atlas, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 74-155.
- Durán, R., Canals, M., Sanz, J.L., Lastras, G., Amblas, D. i Micallef, A., 2014. Morphology and sediment dynamics of the northern Catalan continental shelf, northwestern Mediterranean Sea; *Geomorphology*, 204: 1-20.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Diaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B., Lejeune, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J.C., Serrano, E., Teixidó, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. i Cerrano, C., 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave; *Global Change Biology*, 15: 1090-1103.
- Govern de les Illes Balears, s/d. *Tipologia de fons mar  - Cabrera*; Conselleria de Medi Ambient, mapa (correspon a la cartografia bion mica de Cabrera; no consta escala ni data de publicació).
- Grinyó, J., Gori, A., Ambroso, S., Purroy, A., Calatayud, C., Dominguez-Carrió, C., Coppari, M., Lo Iacono, C., López-González, P.J. i Gili, J.M., 2016. Diversity, distribution and population size structure of deep Mediterranean gorgonian assemblages (Menorca Channel, Western Mediterranean Sea); *Progress in Oceanography*, 145: 42-56.
- Hillaire-Marcel, C., Gari py, C., Ghaleb, B., Goy, J.L., Zazo, C. i Cuerda, J., 1996. U-series measurements in Tyrrhenian deposits from Mallorca. Further evidence for two Last Interglacial high sea-levels in the Balearic Islands; *Quaternary Science Reviews*, 15: 53-62.
- ITGE, 1991. Isla Conejera, Isla Cabrera (748/774). *Mapa geológico de España*, E 1:50.000, mem ria explicativa i un full, Madrid.
- Joher, S., Ballesteros, E., Cebrian, E., Sánchez, N. i Rodríguez-Prieto, C., 2012. Deep-water macroalgal-dominated coastal detritic assemblages on the continental shelf off Mallorca and Menorca (Balearic Islands, Western Mediterranean); *Botanica Marina*, 55: 485-497.
- Jouet, G., Berné, S., Rabineau, M., Bassetti, M.A., Bernier, P., Dennielou, B., Sierro, F.J., Flores, J.A. i Taviani, M., 2006. Shoreface migrations at the shelf edge and sea-level changes around the Last Glacial Maximum (Gulf of Lions, NW Mediterranean); *Marine Geology*, 234: 21-42.
- Lambeck K. i Bard E., 2000. Sea-level change along the French Mediterranean coast for the past 30000 years; *Earth and Planetary Science Letters*, 175: 203-222.
- Imbo, Y., De Batist, M., Canals, M., Prieto, M.J. i Baraza, J., 2003. The Gebra Slide: a submarine slide on the Trinity Peninsula Margin, Antarctica; *Marine Geology*, 193 (3-4): 235-252.
- Lastras, G., Canals, M., Urgeles, R., Hughes-Clarke, J.E. i Acosta, J., 2004. Shallow slides and pockmark swarms in the

- Eivissa Channel, Western Mediterranean Sea; *Sedimentology*, 51(4): 837-850.
- Liu, J.P., Milliman, J.D., Gao, S. i Cheng, P., 2004. Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta, North Yellow Sea; *Marine Geology*, 209 (1-4): 45-67.
- Marbà, N., Duarte, C.M., Cebrián, J., Gallegos, M.E., Olesen, B. i Sand-Jensen, K., 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline; *Marine Ecology Progress Series*, 137 (1-3): 203-213.
- Mauffret, A., Frizon de Lamotte, D., Lallemand, S., Gorini, C. i Maillard, A., 2004. E-W opening of the Algerian Basin (Western Mediterranean); *Terra Nova*, 16: 257-264.
- MediMap Group, 2007. *Morpho-bathymetry of the Mediterranean Sea*, E: 1=3.000.000, CIESM/Ifremer Sp. Publ., Maps and Atlases, Montecarlo (Mònaco) i Brest (França).
- Millot, C., 1999. Circulation in the Western Mediterranean Sea; *Journal of Marine Systems* 20: 423-442.
- Panza, G.F., Raykova, R.B., Carminati, E. i Dogliani, C., 2007. Upper mantle flow in the western Mediterranean; *Earth and Planetary Science Letters*, 257: 200-214.
- Peltier, W.R. i Fairbanks, R.G., 2006. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record; *Quaternary Science Reviews*, 25: 3322-3337.
- Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M.A. i Boudouresque, C.F., 1994. Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*; *Marine Ecology Progress Series*, 106 (1-2): 139-146.
- Personnic, S., Boudouresque, C.F., Astruch, P., Ballesteros, E., Blouet, S., Bellan-Santini, D., Bonhomme, P., Thibault-Botha, D., Feunteun, E., Harmelin-Vivien, M., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Pastor, J., Poggiale, J.-C., Renaud, F., Thibaut, T. i Ruitton, S., 2014. An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the *Posidonia oceanica* seagrass meadow; *PLoS ONE* 9(6), e98994.
- Pinna, A., 2013. *Evidencias morfológicas de la evolución del nivel del mar en el margen continental entre el Mar Menor y el Golfo de Almería (Mediterráneo occidental)*; Treball de Fi de Màster, Universitat de Barcelona, 29 p.
- Pinna, A., Lastras, G., Acosta, J., Muñoz, A. i Canals, M., 2014. The imprint of sea-level changes in the Southeastern Iberian continental shelf, Western Mediterranean Sea; *Geophysical Research Abstracts*, 16, EGU2014-601, EGU General Assembly, Viena, Austria.
- Pinot, J.-M., López-Jurado, J.L. i Riera, M., 2002. The CANALES experiment (1996-1998). Interannual, seasonal, and mesoscale variability of the circulation in the Balearic Channels; *Progress in Oceanography*, 55: 335-370.
- Rabineau, M., Berné, S., Oliver, J.L., Aslanian, D., Guillocheau, F. i Joseph, P., 2006. Paleo sea-level reconsidered from direct observation of paleoshoreline position during Glacial Maxima (for the last 500,000 yr); *Earth and Planetary Science Letters*, 252: 119-137.
- Sàbat, F., Santanach, P. i Casas, J.M. 1993: Estructura geològica; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 61-78 (inclou com annex el Mapa Geològic de l'illa de Cabrera, de F. Sàbat, 1984).
- Sàbat, F., 1984. Mapa Geològic de l'illa de Cabrera (dins Sàbat *et al.*, 1993).
- Schlager, W., 2000. Sedimentation rates and growth potential of tropical, cool water and mud mound carbonate factories; in E. Insalaco, P.W. Skelton i T.J. Palmer (Eds.): *Carbonate platform systems: components and interactions*. Geological Society Special Publication 178: 217-227.
- Schlager, W., 2003. Benthic carbonate factories of the Phanerozoic; *International Journal of Earth Sciences*, 92: 445-464.
- Servera, J., 1993. Generalitats fisiogràfiques; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 25-32.
- Stanford, J.D., Rohling, E.J., Hunter, S.E., Roberts, A.P., Rasmussen, S.O., Bard, E., McManus, J. i Fairbanks, R.G., 2006. Timing of meltwater pulse 1a and climate responses to meltwater injections; *Paleoceanography*, 21, PA4103.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Marín, L. i Brito, A., 2012. *Guía interpretativa: Inventario español de hábitats marinos. Inventario español de hábitats y especies marinos*; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España, Madrid, 229 p.
- Trias, M., 1993. Toponímia bàsica de l'arxipèlag de Cabrera; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, mapa annex.
- Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C., McManus, J.F., Lambeck, K., Balbon, E. i Labracherie, M., 2002. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records; *Quaternary Science Reviews*, 21: 295-305.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Lario, J., González-Delgado, J.A., Bardaji, T., Hillaire-Marcel, C., Cabero, A., Ghaleb, B., Borja, F., Silva, P.G., Roquero, E. i Soler, V., 2013. Retracing the Quaternary history of sea-level changes in the Spanish Mediterranean-Atlantic coasts: Geomorphological and sedimentological approach; *Geomorphology*, 196: 36-49.
- <http://indemares.es/areas-marinas/canal-de-menorca>: pàgina web del projecte LIFE+INDEMARES (2009-14), dedicat a l'estudi d'hàbitats marins pregons, espècies pelàgiques i ocells marins en aigües de l'Estat, coordinat per la Fundació Biodiversidad. L'enllaç correspon a l'àrea marina del canal de Menorca (accedit el 19 de març de 2018).

<http://www.emodnet.eu/seabed-habitats>: pàgina web del portal EMODnet, acrònim d'*European Marine Observation and Data Network*, una xarxa d'organitzacions recolzada per la política marítima integrada de la UE. Dona accés a dades marines de tot Europa, organitzades en set grans àmbits, un dels quals són els hàbitats bentònics. L'enllaç correspon precisament a aquest àmbit (accedit el 19 de març de 2018).

<http://www.ideo-cabrera.ieo.es/>: Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Español de Oceanografía, Visor del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera (accedit el 10 de febrer de 2018).

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>: pàgina web amb la classificació d'hàbitats EUNIS (*EUropean Nature Information System*) impulsada per l'Agència Europea del Medi Ambient.

CLIMATOLOGIA DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Agustí Jansà

Departament de Física,
Universitat de les Illes Balears

agusti.jansa@gmail.com

José A. Guijarro

Agencia Estatal de Meteorología,
Delegación Territorial en Illes Balears

Jansà, A., Guijarro, J.A. (2020). Climatología de l'arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

En relació a la climatologia inclosa a la monografia sobre Cabrera de 1993, el funcionament, en posterioritat, a l'illa major (Cabrera), de dues estacions climatològiques noves, una amb dades de temperatura, a més de les de pluja, i l'altre amb dades completes, inclosos el vent i la humitat, ha permès refer l'anterior climatologia amb molta més informació local. A partir d'aquí s'ha pogut avaluar el comportament de l'illa de Cabrera com a factor del seu propi clima, amb el resultat de que els efectes associables a la presència de l'illa, sobre el vent, la temperatura i la precipitació, no són menyspreables, però són molt més moderats que els que generen illes majors, com Menorca o Eivissa i, per suposat, Mallorca. Cabrera es situa, climàticament, a mig camí entre el que serien un illot costaner i una illa major. Del clima de Cabrera es pot afegir que és bastant ventós i marítim, molt representatiu de la zona mediterrània on està situat l'arxipèlag, en una zona d'alternança rotunda entre l'estació càlida i la resta de l'any, passant de la calor i la sequera a la templança i variabilitat, i amb règim de vents també alternatiu, passant del predomini dels llevant (a l'estiu) al predomini dels ponents (a l'hivern). El clima de Cabrera no és clarament àrid, però no es fa enfora de ser-ho.

Paraules clau: *clima; mediterrani, àrid, ventós, marítim*

ABSTRACT

With regard to the climatology included in the monography on Cabrera published in 1993, the subsequent operation of two new climatological stations in the main island (Cabrera), one with temperature data, in addition to those of rainfall, and the other with complete data, including wind and humidity, has allowed to complete the previous climatology with much more local information. From here the behaviour of Cabrera has been evaluated as a factor of its own climate, with the result that the effects associated with the presence of the island, on the wind, the temperature and the precipitation are not negligible, but they are much more moderate than those that generate larger islands, such as Menorca or Eivissa and, of course, Mallorca. Cabrera is situated, climatically speaking, halfway between what would be a costal islet and a larger island. About the climate of Cabrera, it can be added that it is quite windy and maritime, fully representative of the Mediterranean area where the archipelago is located, with strong seasonality, changing from a warm and dry summer to a period with temperate temperature and variable rainfall, with an also alternate wind regime, from predominance of eastern winds in summer to predominance of western winds in winter. The climate of Cabrera is not clearly arid, but it is not far from aridity.

Key words: *climate; Mediterranean, arid, windy, maritime*

INTRODUCCIÓ

La climatologia de Cabrera inclosa en la monografia de 1993 (Guijarro, 1993), tot i que tenia una breu introducció de climatologia dinàmica, es va enfocar, bàsicament, cap a la climatologia descriptiva i determinades classificacions climàtiques. La base de dades de que es disposava era bastant pobre en aquells moments (una estació, solament pluviomètrica, al propi arxipèlag de Cabrera, necessàriament complementada amb dades termomètriques i de vent d'estacions situades a Mallorca i, per tant, poc representatives).

Actualment disposem de dades més apropiades per a una climatologia descriptiva més ajustada a la realitat, incloses les dades d'una estació meteorològica automàtica completa a la pròpia Cabrera.

A més d'actualitzar i millorar, en algun aspecte, la climatologia descriptiva, aprofitant les noves dades, volem reforçar l'enfocament dinàmic, enquadrant Cabrera dins una visió climàtica mediterrània i plantejant, particularment, la qüestió dels impactes que la presència i relleu de les illes que formen l'arxipèlag tenen sobre el seu propi clima.

En aquest darrer aspecte podríem dir que a illes de les dimensions de Menorca, Eivissa o, també, Mallorca, les influències locals són molt importants. Els illots més petits i costaners, en canvi, impacten mínimament sobre el seu propi clima, essent el seu clima una continuació, en certa manera, del clima costaner de la costa més propera. En aquest sentit, Cabrera, les illes que formen l'arxipèlag, des del punt de vista climàtic estaria, probablement, en una situació a mig camí entre un illot costaner i una illa pròpiament dita. Ara hi ha dades per enfrontar aquesta qüestió, que, juntament amb aspectes de dinàmica climàtica mediterrània, és molt important per a un territori que és un parc marítim i terrestre, no un parc terrestre ordinari.

En funció del seu relleu, totes les illes són obstacles passius, poc o molt importants, per a la circulació de l'aire, de manera que el vent hi pot frenar, tot forçant-se ascens de l'aire. Això no vol dir que, si l'illa té un relleu significatiu, als seus cims no hi hagi un reforçament local, orogràfic, del vent, respecte del vent general. Així que l'illa pot generar acceleracions locals de vent, compatibles amb l'efecte general de frenada.

Una illa, d'altra part, implica una discontinuïtat tèrmica, de manera que tendeix a escalfar-se més, de dia, que la mar circumdant, mentre de nit pateix un refredament relatiu. Aquest fet, apart de que té una afectació directa sobre les temperatures, tendeix a afavorir, de dia, l'ascens de l'aire i, per tant, sumant-se a l'efecte de frenada, com a obstacle passiu, la formació de núvols i, fins i tot, de pluja. En condicions de "bon temps", les illes generen núvols propis, d'escalfament, que les poden fer "visibles" des d'enfora, fins i tot quan l'illa encara no es pot veure. Si hi ha inestabilitat potencial, aquest núvols autòctons poden desenvolupar-se fins a produir ruixats o tempestes. Per forçament actiu o passiu, relacionat amb la presència de l'illa, també es pot produir una intensificació de les pluges de caire general, no convectives.

El resultat és que les illes tendeixen a acumular precipitació, en relació a la mar circumdant, de manera que la pluja augmenta des de les costes cap a l'interior, en general, amb una clara asimetria si hi ha una direcció predominant per als vents portadors de pluja; en aquest cas les dues costes oposades són mínims de precipitació respecte de l'interior, però la precipitació a la costa de sotavent és clarament inferior a la de la costa de sobrent, respecte dels vents més freqüentment associats a la pluja. Per a Menorca, Eivissa i Mallorca tot això es pot quantificar mitjançant models estadístics, basats en dades i en paràmetres fisiogràfics (vegeu Guijarro, 1986, i, també, Jansà, 1980).

És Cabrera capaç de generar els seus propis núvols i intensificar la pluja, com fan les illes més grans? Veurem què ens diuen les dades. D'entrada podem dir que, al menys una mica, sí. No és del tot infreqüent veure un núvol de tipus convectiu, arrodonit, amb ruixats associats o sense, sobre l'arxipèlag de Cabrera. De fet, la saviesa popular, no sols ha identificat l'hipotètic *núvol de Cabrera*, sinó que l'ha batiat: és *En Jordà* (Bonet i Grimalt, 2004). Modestes versions d'En Jordà es poden veure en dies de "bon temps". Les figures 1 i 2 en són exemples.



Figura 1 Petit núvol d'escalfament sobre Cabrera, vist des de s'Estanyol (Foto: Bàrbara Terrassa)



Figura 2 Petits núvols d'escalfament terrestre sobre Menorca, Mallorca i Cabrera. Imatge MODIS (NASA), 16 d'agost de 2013 (obtinguda via <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)

L'escalfament i refredament diferencial entre terra i mar permet que les illes, algunes illes, i també les costes continentals, puguin generar, no sols núvols propis, sinó un sistema propi de vents, el règim de brises. A Mallorca el règim de brises és potent i recurrent, sobre tot a l'època càlida i pel que fa a la brisa diürna (que bufa de mar cap a terra), anomenada *embat*. És tan important el sistema de brises a Mallorca que a moltes zones de l'illa emmascara el règim general de vents i defineix un règim de vents propi, local, en certa manera independent del règim general de vents. A Menorca i Eivissa, degut a la seva menor extensió, l'escalfament i refredament de terra són menors que a Mallorca i el règim de brises, tot i que existeix, no és tan freqüent, important i desenvolupat com a Mallorca. Cal pensar, a priori, que molt menys desenvolupat ha de ser a Cabrera, si hi ha alguna cosa semblant als vents tèrmics. Cabrera estaria dominada, doncs, pel règim general de vents que hi correspon, d'acord amb la seva situació dins de la Mediterrània. Val a dir, en aquest sentit, que a la Mediterrània no hi ha un règim únic de vents generals. Des de Menorca a Eivissa i Formentera, sense anar més enfora, hi ha una bona diferenciació de règim general de vents, degut a la distinta incidència dels sistemes de pressió que regeixen el temps a la regió mediterrània. Menorca queda molt repetidament inclosa dins del domini de la tramuntana, que, junt amb el *mistral* provençal, és part del sistema de vents més important de la Mediterrània, amb temporals freqüents i de notable intensitat. També el *cierzo* aragonès i el *mestral* del sud de Catalunya són freqüentment part d'aquest sistema eòlic. Aquest sistema complex de vents està normalment lligat a la molt recurrent presència de depressions atmosfèriques (o ciclons) cap a la zona del golf de Gènova i el Mar Lligur i, també, a fenòmens d'escala més petita, associats a l'orografia pirenaica i dels Alps. És tanta la importància de les ciclogènesis de Gènova i Mar Lligur que la zona ha estat assenyalada com la més ciclogènica del món, a l'hivern (Pettersen, 1956). Dins del domini de la tramuntana, aquest vent, que a les Balears és del nord, és el més freqüent i el que habitualment és més fort, tan a l'hivern com a l'estiu (i a les dues primaveres). La ciclogènesi de Gènova, efectivament, no arriba a cessar a l'estiu, encara que perdi freqüència i intensitat, en contrast amb el que passa amb la Mediterrània occidental, en el seu conjunt.

Entre la Mediterrània occidental i la Península Ibèrica (inclosa la seva gairebé continuació cap a terres nord-africanes) es podria dir que hi ha un règim monsonic, quant a sistemes de vent i pressió, com a conseqüència dels diferents comportaments tèrmics. Vegeu la Fig. 3, que mostra les pressions mitjanes (1981-2010), d'estiu i d'hivern, sobre la regió ibèrica-mediterrània, en base a dades de la re-anàlisi NCEP/NCAR (Kalnay *et al.*, 1996). En època no estiuenca, de setembre a maig, podríem dir, la mar està més calenta que l'aire de l'entorn i, a més, a la regió mediterrània hi arriben amb relativa freqüència els vents generals de component oest propis de les latituds temperades i les perturbacions associades al *front polar* (que és la franja, a latitud mitjana, de separació o contacte entre l'aire polar i l'aire tropical o subtropical). Entre una cosa i altra, en època no estival, a tota la Mediterrània occidental es fa freqüent la formació de ciclons o depressions, no sols a Gènova i Mar Lligur. La Mediterrània, en conjunt, es pot veure, fora de l'estiu, com una zona depressionària, mentre el continent, d'Iberia a Àfrica, és més aviat anticiclònic: així, el flux de vent sobre la Mediterrània tendeix a ser de component oest, de terra cap a mar. A l'estiu, en canvi, quan predomina el "bon temps" a Iberia i Mediterrània, degut al predomini de l'anticicló *macroescalar* subtropical, la calor continental relativa fa que la Península i el nord d'Àfrica siguin més aviat ciclònics (amb depressió tèrmica, tot i que hi hagi anticicló per sobre), mentre la Mediterrània occidental esdevé un pol anticiclònic, amb mar i aire relativament freds, reforçat l'anticicló regional per l'anticicló subtropical. És així que el vent general, a l'estiu, tendeix a bufar des de la Mediterrània cap a terra, de mar cap a terra, o sigui, amb component est.

L'alternança estacional entre ponents i llevant defineix clarament el règim de vents generals cap a la zona de les Pitiüses, particularment a Formentera (a Eivissa hi ha una mica d'emascarament per l'impacte de les brises locals; Jansà, 2014). A Menorca també hi arriba l'efecte monsonic, és a dir, l'alternança entre llevant i ponent, però el que hi domina és la preponderància de la tramuntana (tot i que a l'estiu la tramuntana és més *aguergalada* –amb una mica de component est- i a l'hivern, més *amestrada*, amb una mica de component oest). Podrem veure que passa a Cabrera.

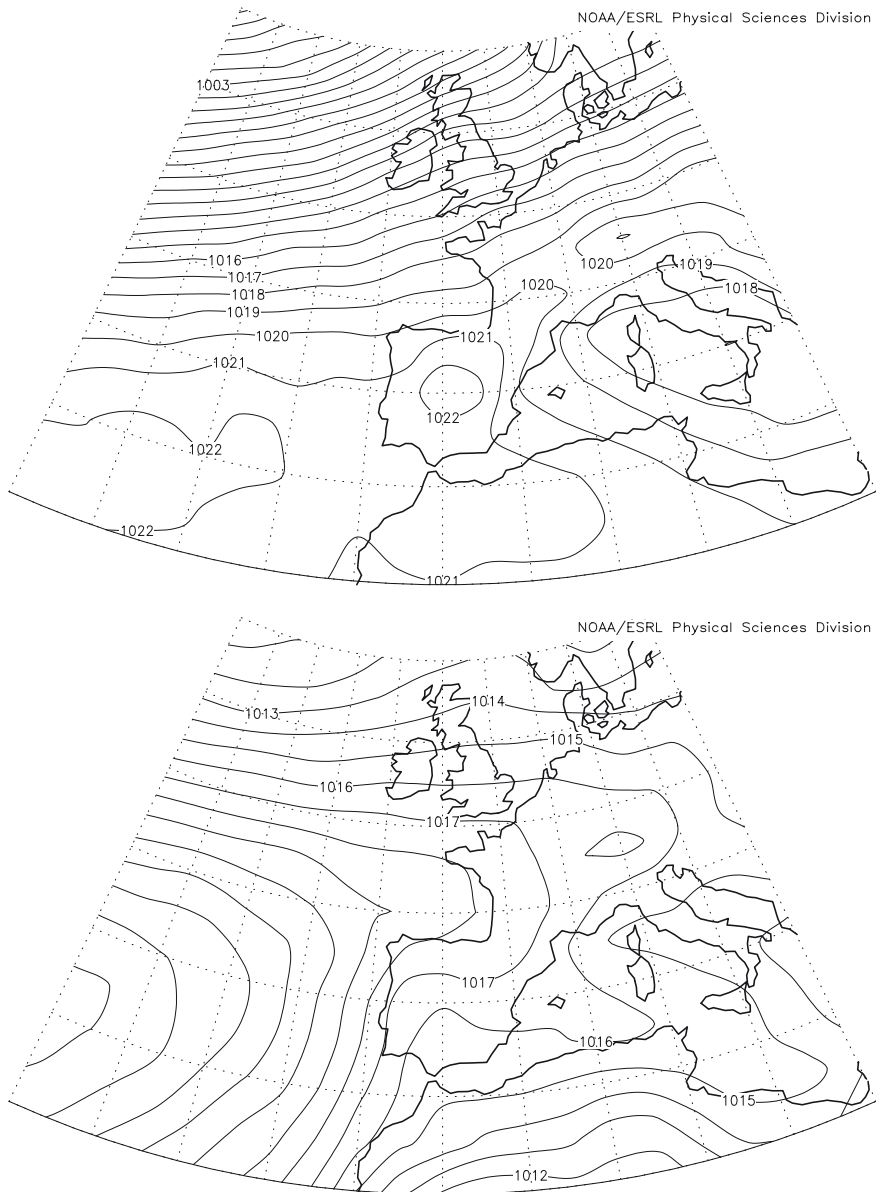


Figura 3 Distribució mitjana de la pressió a nivell de la mar a la regió ibèrica-mediterrània, a l'hivern (dalt) i a l'estiu (baix). (1981-2010, Reanàlisi NCEP/NCAR. Dades proporcionades pel NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, obtingudes al seu lloc web, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>)

El règim general de vents i sistemes de pressió a la regió defineix, en gran mesura, el règim de pluges. Quan a l'estiu, a les Balears s'estableix la doble tendència anticiclònica (anticicló subtropical de gran escala i anticicló marítim regional) i es pot dir que hi deixa de ploure. La sequera estiuenca caracteritza, de fet, el clima mediterrani, en general. En aquest sentit podríem dir que les Balears són exemplarment mediterrànies, des del punt de vista climàtic. Al llarg de l'estiu la mar Mediterrània s'escalfa molt. Quan comencen a poder arribar i a formar-se perturbacions, l'energia emmagatzemada a la mar fa que la resposta sigui, a vegades, violenta. A les Balears, el setembre és el mes de més tempestes (tronades) i l'octubre i novembre són els mesos, en principi, de més pluja. A la resta de l'època no estiuenca poden seguir les pluges i ruixats, però amb tendència a perdre presència i importància. Tot això, que és vàlid per a totes les Balears, hauria de valer, també, per a Cabrera.

MATERIAL I MÈTODES

Per a la descripció del clima de l'arxipèlag de Cabrera hem emprat totes les dades locals disponibles, que ara consisteixen en:

- » Dades pluviomètriques diàries de l'estació del far de la punta de n'Anciola, 1949-1971, estació B399. Les dades d'aquesta estació són les úniques que varen poder ser emprades a l'estudi de la climatologia de Cabrera de 1993 (Guijarro, 1993).
- » Dades termo-pluviomètriques (precipitació i temperatures extremes) diàries de l'estació del Parc Natural, 1992-2003, estació B398.
- » Dades de vent, temperatura, humitat relativa y precipitació de l'estació automàtica del Parc Natural, enregistrats cada 10 minuts; set anys sencers, de desembre de 2009 a novembre de 2016; estació B398A.

La localització de les citades estacions sobre el mapa de Cabrera es pot veure a la Fig. 4. Cal destacar la situació central i sobre terreny elevat de l'estació automàtica, B398A, la més significativa per a aquesta revisió.

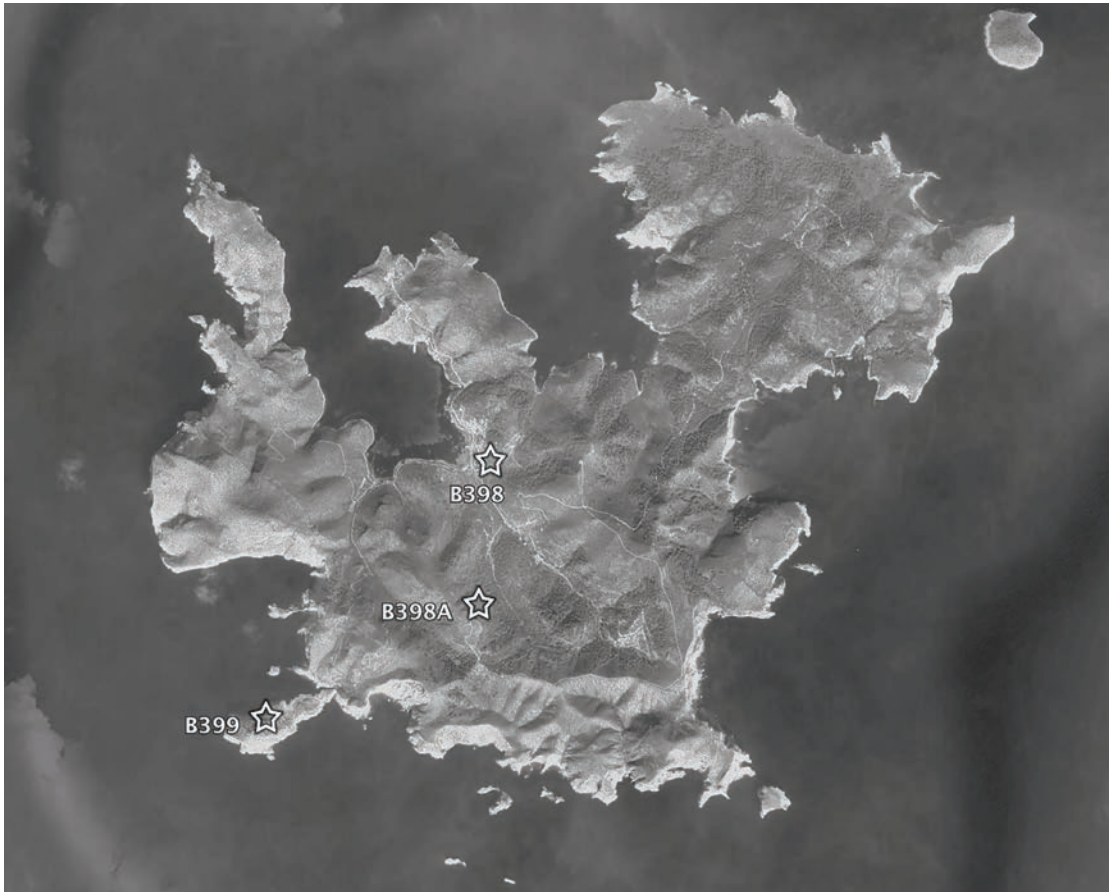


Figura 4 Cabrera. Situació d'estacions meteorològiques. Mapa base: Google Earth.

Les dades de l'estació automàtica es varen sotmetre a control de qualitat per eliminació de valors inversemblables i revisió manual dels meteogrames diaris. Després es varen compilar sèries diàries i mensuals a partir de les dades deuminutals depurades.

Les sèries mensuals de precipitació i temperatura de les diverses estacions es varen homogeneïtzar amb el programa Climatol (Guijarro, 2016 y 2017), què va corregir un salt de 1,3 °C a la mitjana de les màximes a l'agost de 1998 de B398 (que, així, passava a tenir dues sèries termomètriques diferenciades, una corresponent a l'abans i l'altra corresponent al després del salt). També es van completar totes les sèries termomètriques i pluviomètriques per al període 1951–2016, tot en funció de les dades d'altres estacions dels voltants, bàsicament de Mallorca, però no solament de Mallorca.

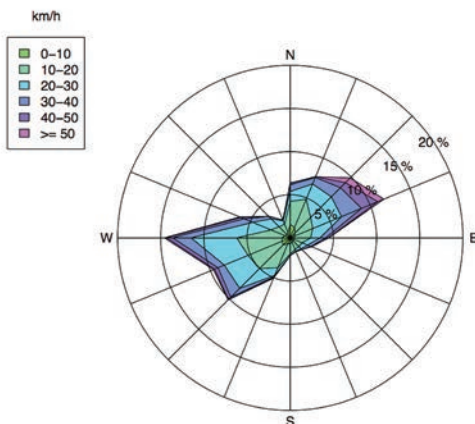
RESULTATS I DISCUSSIÓ

Les dades obtingudes, homogeneïtzades, al seu cas, tant de l'antiga estació B399, al Far d'Enciola, ja analitzada a la monografia de Cabrera de 1993, com de les noves estacions, lligades al Parc, manual (B398) i automàtica (B398A), han estat estudiades en si mateixes i confrontades amb dades climatològiques de l'entorn marítim, pel que fa al vent, i de Mallorca i la resta de les Balears, per tal de captar particularitats del clima de Cabrera. Exposarem, primer, resultats separats per variables climatològiques (vent, temperatura, pluja i humitat), per a fer, finalment, una valoració global.

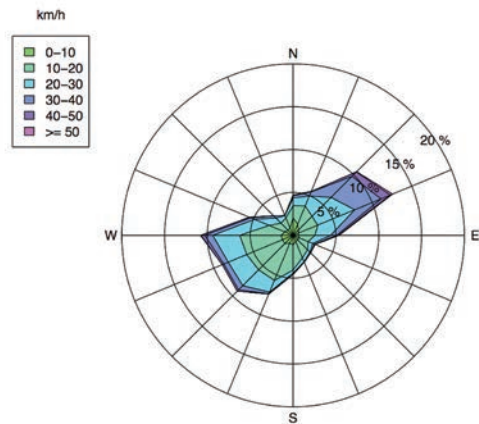
RÈGIM DE VENT

A les figures 5 i 6 es representen les roses del vent, per a diferents intervals de freqüència i direcció del vent mitjà o sostingut (que és la mitjana del vent durant períodes de deu minuts), per als diferents mesos de l'any (Fig. 5) i per a l'any en conjunt (Fig. 6). A la Fig. 6, a més, s'hi afegeix la rosa de freqüències dels vents màxims. Les dades numèriques corresponents, per a l'any, en conjunt, i per a l'estiu (agrupant les dades de juny, juliol i agost) i l'hivern (desembre, gener i febrer), per separat, es mostren a les taules I, II i III. Quant a direccions, tant les figures com les taules, mostren clarament un transvasament de freqüència entre els llevants, dominants a l'estiu, i els ponents, que són els vents més freqüents a l'hivern, de manera que el règim de vents de Cabrera és més semblant al de les Pitiüses, sobre tot a Formentera, que al de Menorca, tot i que els llevants dominants la meitat càlida de l'any tendeixen més cap al gregal (NE), que cap al xaloc (SE). A Menorca, la tramuntana (vent del N, inclosos el NNW i el NNE) és el vent dominant, i no tan sols a l'hivern. A Cabrera la tramuntana pura no és dominant, certament, però presenta un màxim relatiu, de segon ordre, podríem dir, al menys en alguns dels mesos no estiuencs: vegeu, en particular, les roses de vent de novembre, desembre, gener i febrer. Es podria dir que no sempre que bufa tramuntana a Menorca arriba aquest vent a Cabrera, però, a l'hivern, a vegades sí que hi arriba, normalment un poc esmorteït, però ocasionalment viu, fort. A Eivissa i Formentera, en canvi, són poques les vegades que hi arriba la tramuntana, encara que bufi a Menorca.

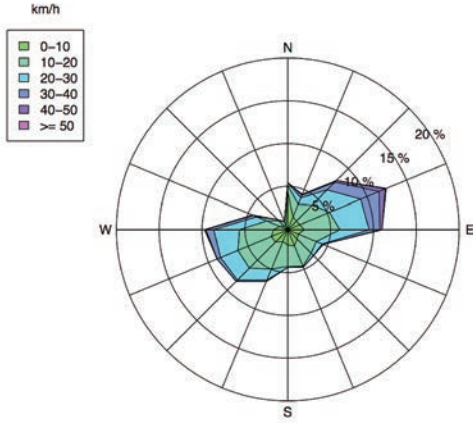
Cabrera (Marzo 2010–2016)



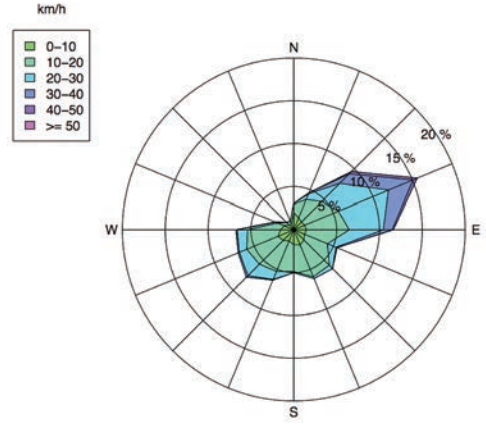
Cabrera (Abril 2010–2016)



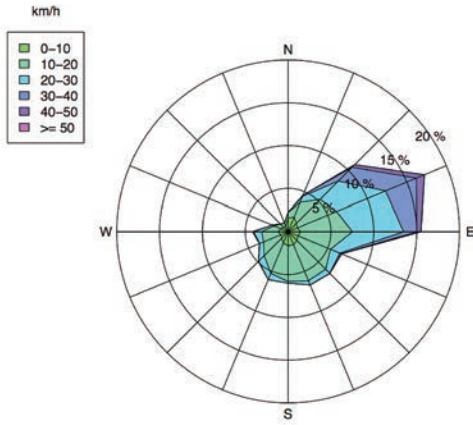
Cabrera (Mayo 2010–2016)



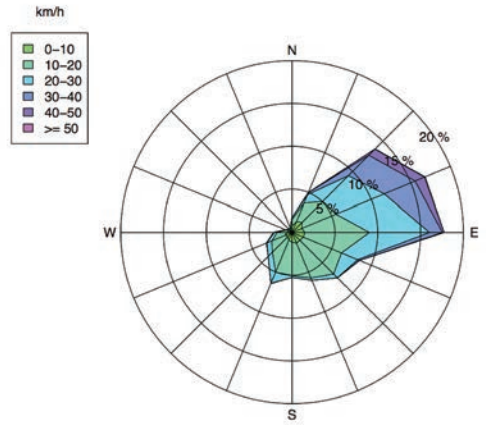
Cabrera (Junio 2010–2016)



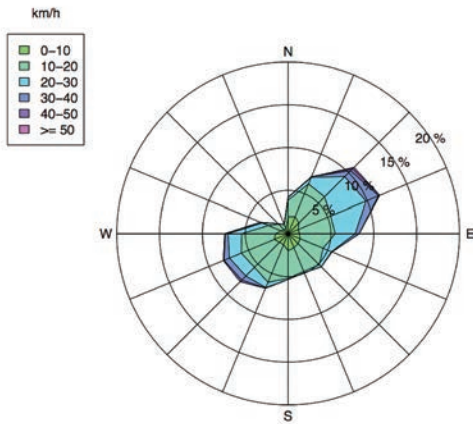
Cabrera (Julio 2010–2016)



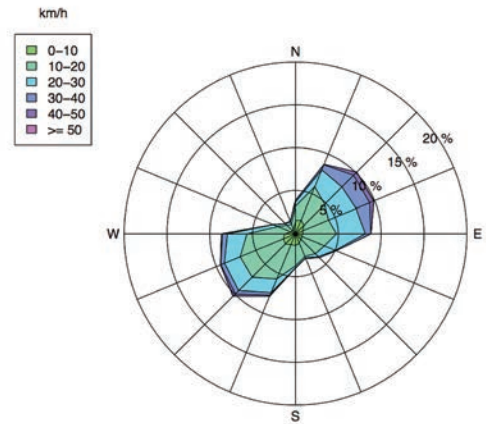
Cabrera (Agosto 2010–2016)



Cabrera (Septiembre 2010–2016)



Cabrera (Octubre 2010–2016)



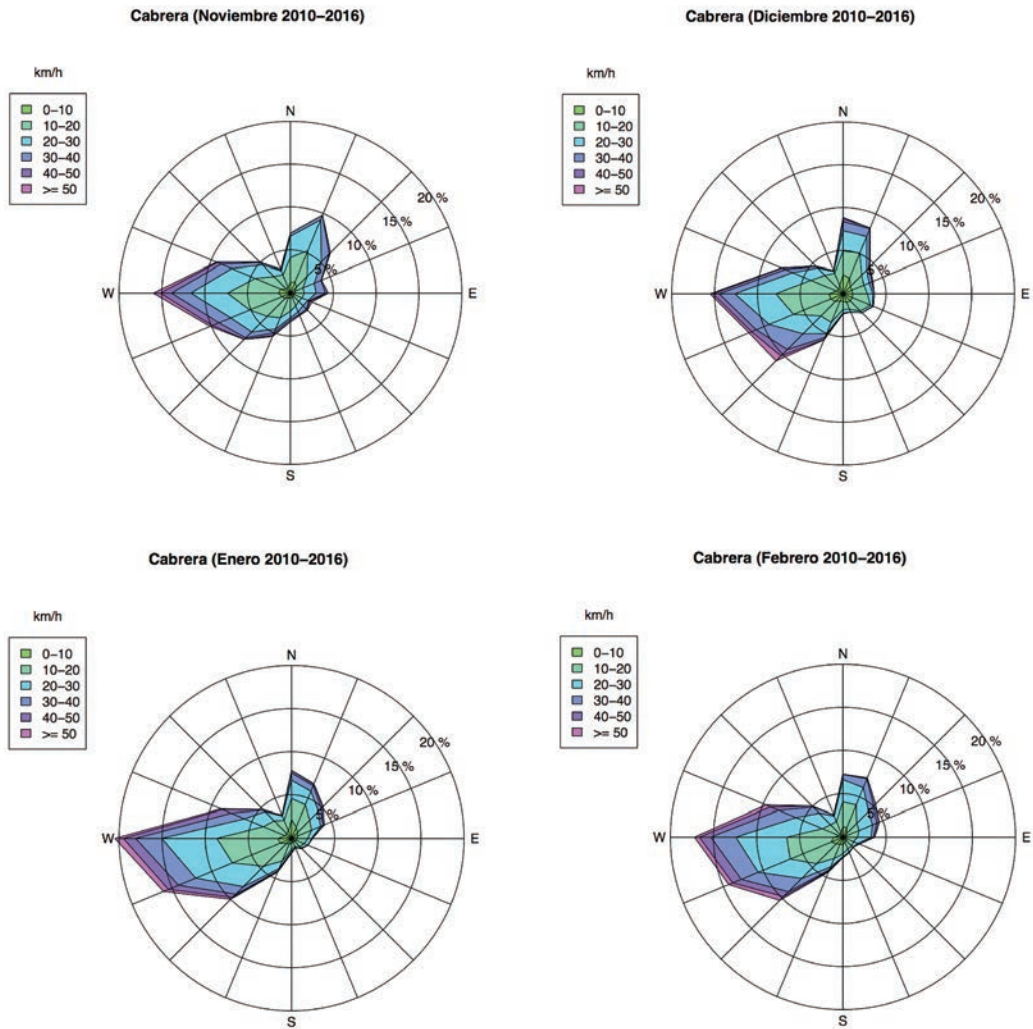


Figura 5 Freqüències del vent sostingut a Cabrera, E398A, per classes de direcció i velocitat, per mesos. D'esquerra a dreta i de dalt a baix, març, abril, maig, ..., gener i febrer.

A Cabrera no es detecta un règim de brises autòcton clar, com a Mallorca, ni tan sols com a Menorca o Eivissa. Efectivament, a les dades de vent de Cabrera no sembla haver-hi indicació clara d'un règim de brises propi, tot i que s'ha de dir que, vista la situació geogràfica de l'estació automàtica (B398A), l'única amb informació de vent, baldament hi hagués règim de brises, no quedaria ben descrit, ja que la localització de l'estació, central i relativament alta, es correspondria amb un punt de divergència dels vents, en cas de brisa nocturna, i un punt de convergència, en cas de brisa diürna, és a dir, l'emplaçament de l'estació hauria de correspondre a un lloc de poc vent, en cas d'haver-hi brisa local. Si el règim de brises fora significatiu, hi hauria un important màxim de freqüència dels vents fluixos (menys de 10 km/h), amb direcció variable, en particular a l'estiu, quan les brises poden ser més importants. No sembla ser així, ja que a l'estació automàtica de Cabrera els vents de menys de 10 km/h tenen una freqüència total a l'estiu de sols el 20% (el 80% del temps el vent està per sobre dels 10 km/h) i, a més, entre els vents fluixos d'estiu també hi ha un predomini clar dels de component est, com correspon al règim general, tot i que el predomini d'aquesta component per als vents fluixos no és tan clar com per als vents de més de 10 km/h.

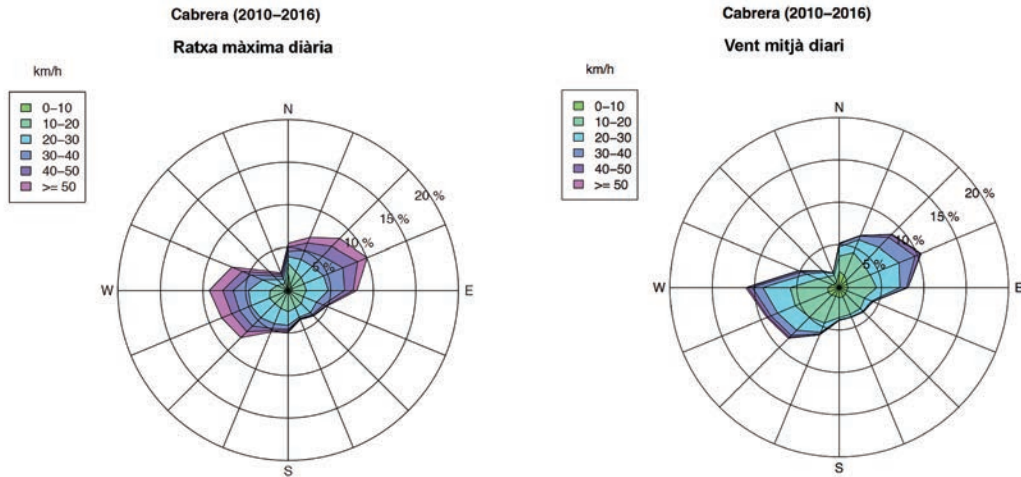


Figura. 6 Freqüències del vent a Cabrera, E398A, per classes de direcció i velocitat. Tot l'any. Esquerra: vent mitjà diari. Dreta: vent màxim diari.

Tot i que sabem que l'estació automàtica de Cabrera no ens pot descriure bé cap tipus d'hipotètica brisa a Cabrera, hem volgut veure què passa a Cabrera en dies en els que hi ha brisa ben desenvolupada a Mallorca. Amb les observacions de l'aeroport de Palma, complementades amb les corresponents imatges de satèl·lit i amb les re-anàlisis meteorològiques de gran escala, hem identificat alguns dies típics de brisa a Mallorca. Parlarem concretament de tres exemples.

El dia 23 de juny de 2016, al començament del dia hi havia una dèbil zona de baixes pressions entre les Balears i la costa algeriana, forçant vents generals, poc importants, del nord-est. A mitgdia minvava aquesta situació, centrant-se l'anticicló més clarament sobre les Balears. La matinada d'aquell dia, efectivament, hi havia vents del nord-est, que eren molt més francs a Cabrera (on s'estaven abastant de 20 a 25 km/h de vent sostingut), que a Palma, amb menys de 5 km/h. Cap a les nou, hora universal, entra plenament l'embat a Palma, del sud-oest, fins abastar ràpidament els 25 km/h. A Cabrera segueix un temps el nord-est, però passat mitgdia, cap a les 15 h, hora universal, frena molt considerablement el vent, mentre gira cap a xaloc (sud-est). És dubtós si aquesta frenada es pot atribuir a un intent d'entrada de brisa local a Cabrera, a l'arribada esmorteïda, fins a Cabrera, de la brisa de Mallorca o, simplement, al reforçament anticiclònic, amb aturada del vent general. Les dades són compatibles amb les tres hipòtesis i discriminar és fa difícil. Tampoc aporten molt altres exemples. El dia 7 d'agost del mateix 2016, per exemple, l'embat també va ser clar a Palma, tot i que hi havia núvols alts al cel i hi havia vents generals fluïxos, girant del nord-est al sud i sud-est; a Cabrera hi va haver un cert reforçament del vent, gairebé en coincidència temporal amb l'entrada de la brisa a Palma. Les dades són diferents que en el cas anterior, però es torna a fer difícil treure conclusions. El 26, també d'agost de 2016, al principi (i també al final) hi ha un règim de vents generals de component nord bastant important, mentre cap a mitgdia sembla dominar més l'anticicló; el vent arriba a Cabrera a quasi 40 km/h de vent sostingut de matinada, però baixa a 10-12 km/h des de ben prest, amb gir de vent cap a sud-oest, com la brisa de Palma; a Palma es diria que entra brisa clara, encara que retardada; a mitgdia, al contrari del que passa de matinada, hi ha més vent a Palma que a Cabrera; altra vegada tenim diverses hipòtesis d'interpretació, diferents, però en principi vàlides.

Podem dir, en conclusió, que a Cabrera no sembla, efectivament, haver-hi un règim de brises autònom ben desenvolupat, ni gens regular. En algun moment hi pot haver algun intent de brisa local. També hi pot haver moments en que Cabrera quedi dins de l'àmbit de la brisa de Mallorca, tot i que, lògicament, amb vent considerablement més fluïx que a les costes de l'illa gran. Així que els vents que regnen a Cabrera són, bàsicament, els vents generals en mar oberta, a la zona de la Mediterrània en la que Cabrera està ubicada, tot i que amb efectes orogràfics afegits. El considerable relleu de Cabrera ha de suposar, a més, que als cims el vent es vegi incrementat, sobre

el que hi hauria si el terreny fos pla, sense relleu. Recordem que l'estació automàtica està sobre un cim, a 172 m d'altitud, prou per a que els efectes orogràfics siguin importants.

Analitzarem, a continuació, les velocitats del vent, intrínsecament i en comparació amb zones relativament pròximes a Cabrera. D'acord amb la taula I, el vent mitjà sostingut, al llarg de tot l'any, és de gairebé 19 km/h. Són, en general, més forts els vents dominants, és a dir, el de llevant i ponent, ENE i W, per ser més precisos. Els vents de tramuntana no són especialment forts, la qual cosa confirma que la tramuntana forta, directament vinguda des de Menorca i de més enllà, no arriba freqüentment a Cabrera. En general, els vents són més forts a l'hivern (amb una mitjana de 21 km/h, taula III) que a l'estiu (17 km/h, taula II).

Taula I. Freqüències, en %, d'interval de direcció i velocitat del vent sostingut (vent mitjà en períodes de deu minuts) i velocitat mitjana del vent, per direccions, a l'estació meteorològica automàtica de Cabrera (B398A), en el període 2010-2016, per al conjunt de l'any. Les velocitats del vent estan indicades en km/h.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-10	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
10-20	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	4	4	4	2	1	1	43
20-30	1	2	3	4	3	1	0	0	0	1	2	2	3	1	1	0	25
30-40	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	10
40-50	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
>=50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	5	7	9	10	8	4	4	4	4	6	8	9	11	5	3	2	100
V.med.	5,8	16,0	17,4	17,5	15,7	14,5	14,1	13,9	14,7	16,0	16,8	18,1	19,4	19,1	17,3	16,3	18,8

Aquests vents són clarament més forts, en conjunt, que els que s'observen a terra ferma, a la costa sud de Mallorca (el territori extens més pròxim a Cabrera), on els vents sostinguts mitjans anuals estan entre 6 y 12 km/h, segons els llocs. També són més forts a Cabrera –al menys al cim de Na Picamosques, on hi ha l'estació meteorològica automàtica- que a les Pitiüses; a Formentera, concretament, el vent mitjà sostingut a l'estiu és de 12 km/h i a l'hivern, 17 km/h; clarament més vent que al sud de Mallorca, però menys que als turons de Cabrera. 19 Km/h és també més vent que el que hi ha a Menorca a terres planes i obertes (com l'aeroport), on la velocitat mitjana del vent sostingut és de l'ordre dels 14 km/h, tot i la fama de ventosa que té l'illa de Menorca, situada dins del domini de la tramuntana (Jansà, 2014). Val a dir que als turons de Menorca algunes observacions puntuals fan pensar en velocitats mitjanes superiors al 17 km/h (Jansà, 1985). Els efectes orogràfics locals (l'acceleració del vent als cims) hi fan molt per a tenir velocitats mitjanes de vent considerablement elevades a Cabrera, però també s'ha de reconèixer que Cabrera està en una zona relativament ventosa. Al far de Capdepera, a Mallorca, també en territori elevat, sobre un turó, com a Cabrera, i dins del domini habitual de la tramuntana, les velocitats mitjanes del vent sostingut són 16 km/h a l'estiu i 20 km/h a l'hivern (segons dades de l'estació d'AEMET allà instal·lada), encara una mica inferiors a les que hem trobat a Cabrera. En mar oberta, a 10 m d'alçada, sense frenades, ni acceleracions locals, en zones no protegides de Menorca tenim, segons anàlisis (no en base a observacions), velocitats mitjanes anuals de 23 km/h, mentre que a l'entorn de Cabrera la velocitat mitjana anual és de 20 km/h (CEDEX, 1997). Si en lloc de les mitjanes de les velocitats sostingudes del vent prenem la mediana d'aquestes velocitats, els valors en mar oberta són inferiors (perquè la distribució de freqüències no és gaussiana, no és simètrica), però les diferències entre Menorca i Cabrera es mantenen bastant curtes i semblants, 18 km/h i 16 km/h, respectivament (Guijarro *et al.*, 2015).

Taula II. Com a la taula I, per als mesos d'estiu (juny, juliol i agost).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-10	1,7	1,7	1,3	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,7	1,0	1,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7	20,0
10-20	1,0	2,0	3,3	4,3	6,3	4,0	5,0	4,3	3,7	4,0	3,0	2,7	2,3	0,7	0,0	0,0	47,0
20-30	0,0	1,0	3,3	6,0	5,7	1,3	1,0	0,3	0,0	1,0	1,3	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	22,7
30-40	0,0	0,0	2,3	3,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
40-50	0,0	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
>=50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	2,3	5,0	11,7	16,7	15,3	7,0	6,7	6,3	5,3	6,0	5,7	4,7	4,3	1,7	1,0	1,0	100,0
V.med.	6,9	14,1	22,6	24,2	20,1	15,8	13,8	12,9	12,4	14,9	15,3	14,3	14,9	11,9	9,2	7,8	17,3

Taula III. Com a la taula I, per als mesos d'hivern (desembre, gener i febrer).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0-10	1,7	1,3	1,0	0,7	0,7	0,7	0,3	0,7	1,0	1,0	1,0	1,3	1,7	0,7	0,7	1,0	15,7
10-20	2,7	3,0	2,0	2,0	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0	2,3	3,0	5,3	6,0	2,7	2,0	1,3	37,7
20-30	2,3	2,0	1,3	1,3	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	2,7	4,0	5,7	2,3	1,3	0,7	27,3
30-40	1,0	1,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,7	1,7	0,3	0,0	12,3
40-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,0	0,0	4,7
>=50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,7	0,3	0,0	0,0	2,3
Total	8,0	7,3	4,7	4,3	3,3	2,7	2,3	1,7	2,0	4,7	10,3	14,0	17,7	9,0	5,0	3,0	100,0
V.med.	18,5	18,7	19,6	19,1	16,8	15,0	13,7	13,3	14,6	18,9	25,3	22,9	23,8	24,9	19,5	14,5	21,0

Si en lloc de considerar les mitjanes de velocitat del vent en deu minuts considerem les màximes dins d'aquests intervals, els valor són lògicament més elevats. Si comparem les roses de vent de la velocitat mitjana i la velocitat màxima (Fig. 6) podem apreciar que amb la mateixa freqüència que el vent mitjà supera els 20 km/h, el vent màxim supera els 30 km/h. La mitjana anual de les velocitats màximes deuminutals de vent és de 29 km/h, superior en un 50% a la mitjana anual de les velocitats mitjanes (o sostingudes), la qual cosa indica una considerable turbulència. La presència i el relleu de Cabrera són font de turbulència. La distribució per direccions dels vents màxims és semblant, en forma, a la dels vents mitjans.

La incidència de vents molt forts, extrems, amb velocitat punta de 100 km/h o més és major a Cabrera (B398A) que, per exemple, a l'aeroport de Menorca. Si considerem l'hivern, en concret, tenim ratxes de més de 100 km/h més de la meitat dels anys a cada un dels mesos de novembre, desembre, gener i febrer. Gairebé tots els anys la ratxa màxima anual supera els 100 km/h y una tercera part dels anys s'assoleixen, algun dia, els 120 km/h. Com a curiositat, la ventada més forta enregistrada a Cabrera (entre 2009 i 2016) van ser els 138 km/h de la matinada de dia 19 de febrer de 2010. Va ser una ventada de ponent, just després d'haver passat sobre les Balears el centre d'una intensa depressió atmosfèrica, de 985 hPa. Era una depressió mediterrània, nascuda a la mar d'Algèria i que es movia en direcció a Ligúria.

En conclusió, Cabrera està situada en una zona de per sí ventosa, que no cau dins del domini de la tramuntana, però que és batuda per vents generals de ponent (dominants a l'hivern) i de llevant (els més freqüents a l'estiu), a vegades prou forts i ocasionalment molt forts. El relleu és un factor important, que altera localment el vent, intensificant-lo als cims de l'illa. Com a factor local, és, sens dubte, més important l'orografia que el factor tèrmic.

TEMPERATURES

Les sèries d'observació de temperatura de que disposem a Cabrera són bastant curtes, de manera que la informació que se'n pot treure s'ha de prendre amb una mica de precaució. A més, en analitzar les dades de l'estació del Parc Natural, B398, la més llarga, amb observacions des de 1992 a 2003, resulta que la corresponent sèrie de temperatures màximes mensuals no és homogènia, per la qual cosa ha de ser fraccionada. Hem emprat la part corresponent als darrers anys (1998-2003), només per a temperatures màximes, perquè les mínimes presenten una sèrie homogènia tot el període. Els valors mitjans mensuals de temperatures màximes, mínimes i mitjanes diàries, reduïts al període de 1981-2010 (referència climatològica estàndard), a B398, es poden veure a la Taula IV, a la que hi hem afegit les mitjanes (només mitjanes) reduïdes al període 2010-16, per a comparar-les amb les mitjanes de l'estació automàtica, B398A, corresponent també al període 2010-16.

Taula IV. Valors mitjans anuals de les temperatures màxims, mínims i mitjanes a l'estació B398 (dades reduïdes als períodes 1981-2010 i 2010-16) i temperatures mitjanes a l'estació automàtica B398A.

			Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Any
B398	1981-10	Màx	15,2	15,6	17,3	19,4	22,5	26,2	29,0	29,3	26,7	23,0	18,9	16,2	21,6
B398	1981-10	Mín	9,1	9,1	10,3	12,1	15,1	18,6	21,1	21,7	19,7	16,6	12,8	10,4	14,7
B398	1981-10	Mit	12,2	12,4	13,8	15,7	18,9	22,7	25,4	25,9	23,4	20,1	16,2	13,4	18,3
B398	2010-16	Mit	12,3	11,8	13,7	16,4	18,9	22,8	25,6	26,0	23,7	20,8	16,3	13,4	18,5
B398A	2010-16	Mit	12,1	11,0	12,5	14,9	17,7	21,4	24,4	24,8	22,7	20,4	16,2	13,2	17,6

Amb les reserves ja indicades, si considerem B398 com a representativa de Cabrera, quan a temperatures, i comparem els valors de la Taula IV, reduïts a 1981-2010, amb les dades corresponents a aquest període d'altres estacions de les Balears (vegeu, per exemple, Jansà, 2014), resulta que la temperatura mitjana anual de Cabrera, a nivell de la mar, 18,3 graus, és pràcticament igual que la de Palma/Portopí i que la de l'Aeroport d'Eivissa. B398 presenta, a més, poca oscil·lació tèrmica anual (diferència entre les temperatures mitjanes del mes més càlid i del mes més fred), concretament 13,7 graus, de les més baixes de Balears en zona costanera i, certament, més baixa que la de l'aeroport de Palma o les de l'interior de Mallorca, que són de l'ordre de 16 graus. L'oscil·lació mitjana diària (diferència entre les mitjanes de les màximes i mínimes diàries) és de 6,9 graus, molt baixa, molt marítima, per davall, fins i tot, dels aeroports de Menorca i Eivissa o de Palma/Portopí. Entre B398, pràcticament a nivell de la mar i a la costa, i B398A, l'automàtica, a 165 m d'altitud, cap a l'interior accidentat de Cabrera, hi ha una diferència de temperatura de quasi un grau, essent més baixa la de B398A. Val a dir que l'oscil·lació tèrmica anual a B398A és, també, prop d'un grau més baixa que a B398. Tot i que la relativa escassetesa de dades i les llacunes que hi ha a B398A no permeten ser molt rotunds, sembla que també l'oscil·lació mitjana diària és fins i tot més reduïda que a B398; les diferències entre les dues estacions no venen, doncs, de més "continentalitat" a B398A, sinó de la diferència d'altitud, tal vegada amb l'efecte afegit d'un cert sobreescalfament a sotavent del relleu, respecte de sobrevent i els cims. De fet, a diferència de B398A, que està en un cim, B398 està a sotavent dels relleus insulars per als vents de component est, que són els que dominen la meitat càlida de l'any, quan més diferència de temperatura mitjana hi ha entre B398A i B398.

Quant a temperatures més extremes, són semblants a les costaneres de la part sud de les Illes Balears, és a dir, no molt exagerades. A l'hivern és difícil baixar de tres o quatre graus. No hi ha registres negatius a cap de les dues estacions. Les mínimes més baixes observades són 0,4 graus, positius, a B398A i 1,0 grau, també positiu, a B398. Quant a les màximes d'estiu, poden pujar, molt ocasionalment, als 34 o 35 graus, però no és gens corrent. Això no obstant, hi ha un registre singular a B398, on el 25 d'agost de 2000, que, certament va ser un dia càlid a les Balears, és va anotar una màxima de 38,5 graus.

La temperatures i, en particular, la comparació entre estacions, fan catalogar climàticament a Cabrera més com a simple illot que com a illa extensa, tot i que el modest relleu té una mica d'efecte tèrmic. Continentalitat es pot dir que no n'hi ha gairebé gens, en comparació amb illes majors.

PRECIPITACIONS

Respecte de les precipitacions, per a la monografia de 1993 (Guijarro, 1993) ja es va comptar amb una estació amb dades a Cabrera, concretament la B399, Far d'Enciola, amb una sèrie de dades bastant llarga i completa, des de 1949 a 1971. Ara disposem de dues estacions més, ambdues més recents, però amb sèries més curtes, B398 i B398A. En principi podríem pensar que el fet de tenir tres estacions, en lloc d'una, permetria detectar variacions de precipitació sobre el territori, en particular, un possible augment de precipitació des de la perifèria de l'illa cap a l'interior, fet habitual en illes, com hem comentat a la introducció.

La primera cosa que fa falta per a una comparació de dades és tenir les sèries interpolades o extrapolades i homogeneïtzades a un període comú. Mitjançant l'aplicació del mètode de Guijarro (2016 i 2017), s'han reconstruïts tres sèries, una per a cada estació i totes amb dades assignades des de 1951 fins a 2016. El resultat és que les tres sèries són molt semblants, amb diferències de precipitació poc significatives. Les mitjanes de precipitació anual per al període 1951-2016 són 390 mm a B399, 391 mm a B398A i 410 mm a B398. Són diferències de només el 5%, segurament inferiors al marge d'error de la mesura. Tot i això, aquestes diferències semblen respondre a certa lògica: el que B398 sigui un poc més plujosa que B399 podria ser congruent amb l'augment de pluja des de la perifèria de l'illa cap a l'interior, ja que B399 és més perifèrica que B398, vista l'illa de Cabrera en el seu conjunt. B398A també és més central que B399 però, en ser automàtica, pot ser tingui un poc més d'error (per defecte). Ens quedarem amb B398, que és la més plujosa, com estació més representativa de Cabrera i acceptarem que algun indicati d'augment de precipitació des de la costa cap a l'interior hi ha, encara que siguin indicis fràgils. A la Taula V tenim algunes dades de precipitació de l'estació B398, Parc Natural, algunes reduïdes al període 1981-2010, com a referència climatològica internacional que és. Per a comparació, hem afegit les dades de pluja total de B399, corresponents al període 1949-71, que es van incloure a la monografia de 1993.

Les dades de la Taula V ens diuen, primer de tot, que les precipitacions totals a Cabrera són inferiors a les precipitacions mitjanes de Menorca, Mallorca i fins i tot Eivissa, encara que són superiors a les de Formentera, i són només un poc superiors a les de la costa sud de Mallorca (per exemple, per a 1981-2010, 383 mm a les Salines de Campos, al sud de Mallorca, front als 410 mm de Cabrera – B398). Això ens podria dir que Cabrera participa un poc, encara que no gaire, de l'efecte concentrador de pluges que tenen illes de major dimensió, en relació a la mar oberta.

Taula V. Valors mensuals de la precipitació total mitjana a B398 (pcp, mm), la seva desviació estàndard (sd, mm) i el coeficient de variació (cv, %) (reduïts al període 1981-2010) i màximes precipitacions en 24 h observades dins del període 1992-2003 (24x). Per a comparació, s'ha afegit la precipitació total mitjana a B399, període 1949-71 i reduïda al període 1981-2010.

			Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Any
B398	1981-10	Pcp	38,0	33,2	28,1	33,3	29,6	9,5	5,9	11,9	48,1	59,3	63,1	50,3	410,4
B398	1981-10	sd	35,2	23,9	22,3	32,1	39,4	12,3	11,1	16,8	53,8	45,8	42,4	36,9	112,4
B398	1981-10	Cv	92,5	72,1	79,6	96,2	133,0	130,1	188,4	140,7	111,9	77,2	67,2	73,4	27,4
B398	1992-03	24x	68,5	41,4	31,9	40,0	24,8	26,2	42,8	47,6	61,0	61,9	57,0	111,0	111,4
B399	1949-71	Pcp	38,7	24,2	28,0	24,5	17,9	10,2	12,0	12,3	31,8	74,0	60,0	45,6	379,2
B399	1981-10	Pcp	34,1	31,8	25,9	30,8	29,5	9,0	5,0	10,6	49,3	56,6	57,0	46,9	386,5

El següent punt a considerar és el règim pluviomètric anual mitjà, que a Cabrera, com es podia esperar, és típicament mediterrani, caracteritzat per una forta sequera estival. Les pluges de juny, juliol i agost, sumades, suposen només un 7% de la pluja total anual. La pluja es reparteix per la resta de l'any, fora de l'estiu, amb una màxima concentració cap a la tardor. La suma de precipitacions de setembre, octubre i novembre és gairebé un 42% de la pluja anual. El grau d'acumulació tardorenca de pluja a Cabrera és una mica superior a la mitjana de Balears, al nivell del sud i llevant de Mallorca o de les illes de Menorca i Eivissa (Jansà, 2014).

La gran variabilitat interanual de les pluges a la Mediterrània és un altre fet ben conegut i Cabrera torna a ser ben típica en aquest sentit. Com es veu a la Taula V, les desviacions estàndard de les precipitacions mensuals tenen valors pròxims i fins i tot superiors als valors mitjans d'aquestes precipitacions, la qual cosa ens dona coeficients de variació (que són la relació entre la desviació estàndard i la mitjana) del 70 al 90% en el mesos freds i de més del 100% en el mesos càlids (de maig a setembre). Quasi tots els mesos de l'any és possible que, en un any concret, no plouguis o que plouguis el doble (o més) que la mitjana. A escala anual les compensacions suavitzen la irregularitat i així tenim un coeficient de variació anual del 27%. Que plouguis a Cabrera entre 300 i 500 mm en un any concret ha de ser considerat bastant normal. Plugues inferiors a 300 mm o superiors a 500 mm ja no són tant corrents.

El màxims enregistrats de precipitació en 24 hores també són un bon indicador de la variabilitat de la pluja. Quasi tots els mesos de l'any és possible trobar-se, en un dia, una precipitació tan forta o mes que tota la precipitació mitjana mensual corresponent. Als valors de la Taula V, que inclou les màximes en 24 h enregistrades a l'estació B389, podríem afegir 150 mm anotats dia 4 de novembre de 1966 –corresponents- a B399, que és la més intensa de les barrumbades enregistrades mai a Cabrera. Val a dir que a les illes majors (Mallorca, Menorca, Eivissa i Formentera) hi ha màxims en 24 h superiors als 150 mm, però 150 mm/24 h és una pluja molt important. Aquesta pluja de gran copiositat, com moltes altres plugues importants, tant a Cabrera com a la resta de les Balears, es pot associar amb la presència propera d'una depressió atmosfèrica en superfície, situada a la part davantera d'un tàlveg fred en altura (vegeu la Fig. 7).

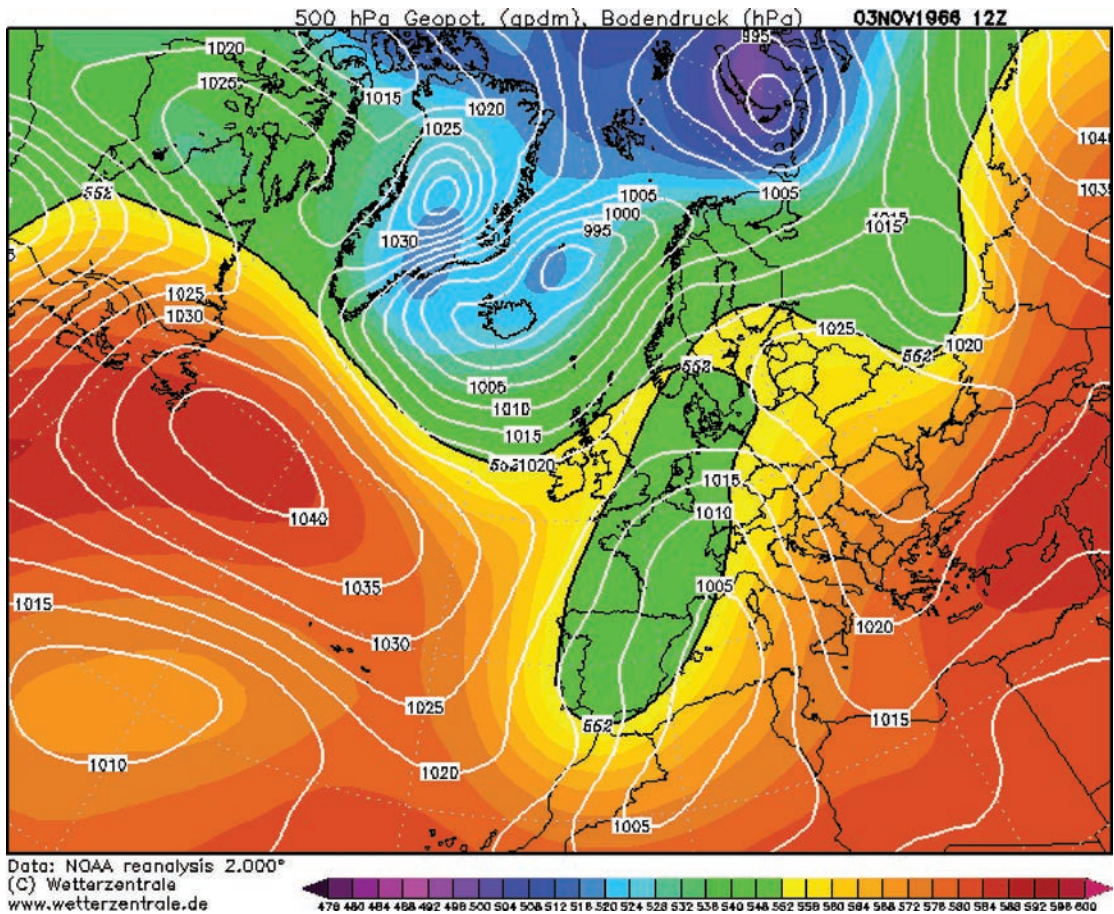


Figura 7 Situació meteorològica dia 3 de novembre de 1966, a les 12 hores UTC. Pluja intensa a Cabrera. Depressió en superfície (indicada per B) i tàlveg fred en altura (indicat per T). Del reanàlisi NCEP/NCAR, via www.wetterzentrale.de.

De la comparació entre els valors mitjans de pluja a B389/1981-2010 i B399/1949-1971 i de detalls de les sèries que no especificarem, es pot deduir que, com ja sabem, B389 és un poc més plujosa que B399 i, també, que el període 1949-71, antic, va ser un poc menys plujós que el període modern 1981-2010. Una anàlisi acurada de les sèries temporals ens diria que a Cabrera, com a la resta de les Balears, no hi, encara, tendències seculars clares per a la pluja (la gran variabilitat fa difícil que es manifestin), amb l'excepció, tal vegada, d'una certa disminució de precipitacions a l'octubre en favor del novembre.

Es podrien incloure aquí molts més detalls sobre el règim pluviomètric de Cabrera i sobre els meteors que s'hi observen, però, respecte de la memòria de 1993, no afegiríem gaire informació en aquests aspectes, per la qual cosa, deixem l'anàlisi aquí i remetem a Guijarro (1993) per a altres detalls.

VISIÓ GENERAL

Es podia sospitar i les dades ens ho han anat confirmant: des del punt de vista climatològic, Cabrera està a mitjan camí entre el que climatològicament correspon a un illot i el que es pot esperar d'una illa relativament gran. L'illa principal de Cabrera és prou gran i té prou relleu com per a començar a manifestar-se activament modificadora del seu propi clima, però les modificacions climàtiques detectables que l'illa indueix són ben petites comparades amb les que generen Mallorca i, fins i tot, Menorca o Èivissa.

Cabrera, d'altra banda, quant a règim termo-pluviomètric, és un bell exemple de clima temperat d'estiu sec i, com succeeix a altres àrees de la regió, el clima de l'illa està bastant en el límit entre el que seria classificat, d'acord amb Köppen, com a clima genuïnament mediterrani (no àrid) o com a clima àrid d'estiu sec (al que alguns anomenen clima mediterrani sec). Segons els criteris concrets que s'utilitzin (que poden variar d'uns autors a altres), el clima de Cabrera estaria en un costat o l'altre de la classificació climàtica. El diagrama ombrotèrmic de la Fig. 8 dona una idea aproximada de com estan repartits els balanços hídrics a Cabrera al llarg de l'any: l'àrea de dèficit aproximat d'aigua és molt semblant a l'àrea de superàvit.

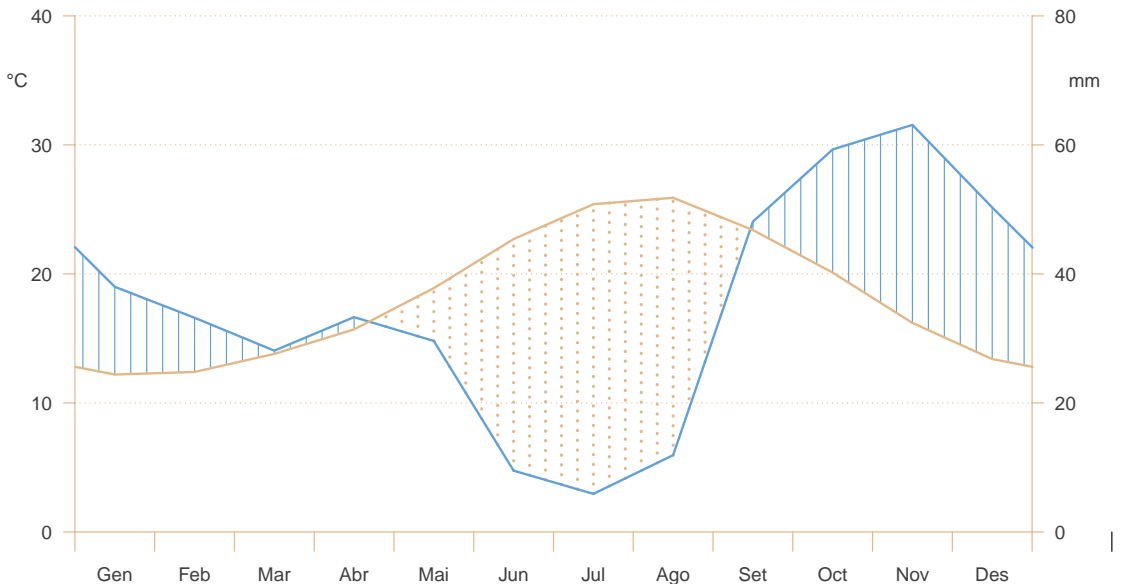


Figura 8 Diagrama ombrotèrmic per a Cabrera, E398. Línia negra, temperatures mensuals mitjanes (graus C; escala dreta). Línia gris, precipitacions mensuals mitjanes (mm; escala Esquerra). Ombrejat en gris: idea de dèficit d'aigua. Ombrejat en negre: idea de superàvit d'aigua.

Podríem afegir que la freqüència del vent fort i dels aerosols salins, procedents de les onades, afavoreix, en certa manera (pels efectes potencials que pot produir) l'idea d'aridesa, mentre que les altes humitats (un 75% d'humitat relativa mitjana, amb màxims diaris –nocturns- freqüentment fregant o abastant el 100%) i les fàcils rosades (que són temes concrets dels que no hem parlat explícitament) suposen una certa compensació.

Finalment, la situació geogràfica específica de Cabrera, junt a la seva relativament baixa capacitat de pertorbació local meteorològica i climàtica, fan de Cabrera un punt òptim per a l'observació i anàlisi de la meteorologia, el clima i el medi ambient en una àmplia part de la meitat sud de la Mediterrània occidental. Cabrera és, en molts aspectes, un escenari marítim i terrestre altament representatiu d'un ampli espai geogràfic.

AGRAÏMENTS

Les dades han estat obtingudes de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET). El personal del Far d'Enciola i del Parc Natural / Parc Nacional de Cabrera han obtingut moltes de les dades i han cuidat dels equips d'observació meteorològica.

REFERÈNCIES

- Bonet, M., i M. Grimalt, 2004. *Els noms dels níguls a Mallorca*, Documenta Balear, Palma, 172 pàgs. ISBN: 978-84-95694-99-7.
- CEDEX, 1997. *Atlas de clima marítimo con los datos del retroanálisis WASA*. Centro de Estudios de Puertos y Costas, Puertos del Estado, Madrid, 244 pp.
- Guijarro, J.A. *Contribución a la bioclimatología de Baleares*, Tesis doctoral. Universitat de les Illes VBalears.
- Guijarro, J.A., 1993. Climatología. In *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera* (Alcover *et al.*, Eds.), C.S.I.C./Edit. Moll/S.H.N.B., pp.161-174.
- Guijarro, J.A., J. Conde, J. Campins, M.L. Orro, M.A. Piornell, 2015. *Atlas de clima marítimo (0-52N, 35W-12E; 1981-2010)*, AEMET, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, NIPO: 281-15-028-8 (on line: www.aemet.es).
- Guijarro JA, 2016. Automatización de la homogeneización de series climáticas: nuevas funciones del paquete Climatol 3.0. In Olcina J, Rico AM, Moltó E (eds.): *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Universidad de Alicante, Asociación Española de Climatología, ISBN 978-84-16724-19-2, pp. 153-160.
- Guijarro JA, 2017. Daily series homogenization and gridding with Climatol v.3. 9th Seminar for homogenization and quality control in climatological databases and 4th conference on spatial interpolation techniques in climatology and meteorology (Budapest, April 3-7), WMO WCDMP-No.85, pp.175-182.
- Jansà, A., 1980. Evaluación de la precipitación sobre islas pequeñas, el caso de Menorca (Baleares), in *Símposio Internacional "Agua Siglo XXI" - Resúmenes*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Ministerio de Asuntos Exteriores, UNESCO, pág. 65.
- Jansà, A., 1985: *Viento y aerosol salino en Menorca: evaluación y efectos agrarios y ecológicos*, Madrid, INM, Pub. A-115, 103 págs.
- Jansà, A. 2014. *El clima de les Illes Balears*. Lleonard Muntaner Ed., Palma de Mallorca, 93 pp.
- Kalnay, E., *et al.*, 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471.
- Petterssen, S., 1956. *Weather analysis and forecasting. Vol 1, Motion and motion systems*, McGraw-Hill, New York, 428 pàgs.

CONTEXT OCEANOGRÀFIC DE L'ILLA DE CABRERA

Damià Gomis

Gabriel Jordà

Rosa Balbín

Olga Reñones

Maite Vázquez

IMEDEA
(Universitat de les Illes Balears – CSIC).
Esporles

Centre Oceanogràfic de Balears,
Instituto Español de Oceanografía.
Palma

damia.gomis@uib.cat

Gomis, D., Jordà, G., Balbín, R., Reñones, O. i Vázquez, M. (2020). Context Oceanogràfic de l'illa de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5

RESUM

Cap territori està més condicionat per la mar que una illa, i més si es tracta d'una illa petita, com Cabrera. En aquest capítol es descriu el context oceanogràfic de l'illa des d'un punt de vista físic, atenent als paràmetres que es consideren més importants i que són: la temperatura i la salinitat, que condicionen els ecosistemes marins; l'onatge, que condiciona la morfologia de la costa i l'accessibilitat des de (o cap a) terres més fermes; els corrents marins i el nivell de la mar. La descripció comença caracteritzant les masses d'aigua i corrents marins de la Mediterrània Occidental, que és l'entorn més ample en el que s'insereix Cabrera. Tot seguit es fa un inventari de les dades oceanogràfiques existents; malgrat després no s'analitzin totes, l'inventari servirà com a registre actualitzat. A partir de les observacions es caracteritzen els paràmetres d'interès en termes de valors mitjans i extrems. S'analitzen també, quan això és possible, la variabilitat estacional, la variabilitat interanual i les eventuais tendències climàtiques. Aquesta caracterització es fa a dues escales espacials: primer a escala regional, emprant dades de satèl·lit i bases de dades històriques, i després a escala més local, a partir d'observacions obtingudes prop de Cabrera o a les costes de la mateixa illa. Per acabar, es comenten les projeccions climàtiques existents per il·lustrar, ni que sigui breument, els principals canvis que s'esperen com a conseqüència de l'escalfament global.

Paraules clau: *Illa de Cabrera, Oceanografia Física, Conca Mediterrània Occidental*

ABSTRACT

No territory is more conditioned by the sea than an island, particularly in the case of a small island like Cabrera. This chapter describes the oceanographic context of Cabrera Island from a physical point of view, i.e. characterizing the parameters that are considered most important: the temperature and salinity, which condition marine ecosystems; the wave regime, which conditions the morphology of the coast and the communications with the mainland; the currents and sea level. The description begins by characterizing the water masses and currents of the Western Mediterranean, which is the broadest oceanographic context of Cabrera. Next, an inventory of the existing oceanographic data is presented; although not all listed data are analyzed later on, the inventory will serve to keep an updated record. The observations are then used to characterize the parameters of interest in terms of mean and extreme values. We also analyze, when this is possible, the seasonal variability, inter-annual variability and eventual long-term trends. The characterization is carried out at two spatial scales: first at a regional scale, using satellite data and historical databases, and then at local scale, using observations acquired near Cabrera or just at the coast of the island. Finally, we summarize the existing regional marine climate projections to illustrate, very briefly, the main changes that are expected as a result of global warming.

Keywords *Cabrera Island, Physical Oceanography, Western Mediterranean Basin*

INTRODUCCIÓ: PARÀMETRES OCEANOGRÀFICS D'INTERÈS

Cap territori està més condicionat per la mar que una illa, i més si es tracta d'una illa petita, com Cabrera. La mar és, en primer lloc, el principal causant de l'aïllament que caracteritza un territori insular, el que separa aquest territori de terres més fermes. D'altra banda, la mar és també nexa d'unió i la manera (pràcticament la única, en el cas de Cabrera) d'arribar a l'illa. La mar, juntament amb l'atmosfera, també modela el territori, i els seus recursos han jugat i juguen un paper important pel que fa a la presència humana a l'arxipèlag. A la primera monografia que es va editar sobre Cabrera no hi consta cap capítol específic dedicat al context oceanogràfic, tot i que alguns aspectes es van incloure com a part d'altres capítols, concretament els dedicats a 'Aspectes hidrogràfics i planctònics dels voltants de l' arxipèlag de Cabrera' (Vives, 1993) i a 'El Bentos: El marc físic' (Ballesteros y Zabala, 1993). Ara, vint-i-cinc anys després, s'està en disposició de dibuixar amb un millor coneixement el marc regional de l'entorn marítim de Cabrera.

En aquest capítol es descriurà el context oceanogràfic de l'illa des d'un punt de vista estrictament físic, és a dir, atenent als paràmetres físics marins que es consideren més importants. La importància dels distints paràmetres s'ha interpretat en base a la seva influència sobre qualsevol altre aspecte de la realitat de Cabrera. Així, per exemple, la temperatura i la salinitat de l'aigua són importants perquè condicionen els ecosistemes costaners de l'illa. L'onatge, per la seva banda, condiciona la morfologia de la costa, per no parlar de l'accessibilitat des de (o cap a) terres més fermes. El nivell de la mar no tindria en principi massa importància, atès que les mareas a la Mediterrània Occidental són petites. El fet, però, que una de les conseqüències de la intervenció humana sobre el clima sigui un increment notable i continuat del nivell de la mar, fa que també s'hagi de prestar atenció a aquesta variable, sobre tot pel que fa al futur.

El context oceanogràfic de Cabrera començarà amb la descripció del seu marc regional més ample, que és la Mediterrània Occidental; concretament, es descriuran els principals corrents marins i masses d'aigua d'aquesta conca. Tot seguit es farà un inventari de les dades oceanogràfiques existents i que són rellevants per a la caracterització del context de l'illa de Cabrera, especialment d'aquelles que han estat obtingudes amb la finalitat específica de conèixer l'entorn de l'illa. Ens referim tan a campanyes oceanogràfiques esporàdiques, amb independència de la seva finalitat, com a monitoratges més periòdics i específics. Es nomenaran també les dades de satèl·lits i productes climatològics a nivell de conca, perquè tot i no ser particulars de la zona, a dia d'avui constitueixen una eina essencial per al seguiment continuat de paràmetres oceanogràfics. Malgrat després no s'analitzin totes aquestes dades, l'inventari servirà per tenir un registre actualitzat de les observacions marines existents al voltant de Cabrera.

A partir de les observacions es caracteritzaran els paràmetres d'interès en termes de valors mitjans i extrems; s'analitzarà també, quan això sigui possible, la variabilitat estacional, la variabilitat interanual i les eventuais tendències climàtiques. Aquesta caracterització es farà a dues escales espacials: i) a escala regional, especialment per al Mar Balear i la conca Algeriana, que són els àmbits més propers de Cabrera, emprant dades de satèl·lit i bases de dades històriques; ii) a escala local, a partir de les dades existents prop de Cabrera o a les costes de la mateixa illa. Per acabar, es comentaran les projeccions climàtiques existents en aquesta zona i que il·lustrin d'alguna manera els canvis que s'esperen com a conseqüència del canvi climàtic.

Una vegada exposat el guió d'aquest capítol i abans d'entrar a descriure el marc oceanogràfic, es comentarà breument cadascun dels paràmetres físics que es consideren d'interès i el perquè de la seva importància:

- » La temperatura (T): és sens dubte un dels paràmetres fonamentals. Des del punt de vista físic la temperatura condiona (juntament amb la salinitat) la densitat de l'aigua, que és un paràmetre del qual depenen aspectes cabdals de la dinàmica marina (la descripció de la densitat es presenta més avall). A més, la temperatura és per sí mateixa un paràmetre de primer ordre pel que fa als ecosistemes: la seva distribució (tan horitzontal com vertical) condiona la distribució de la flora i la fauna marines. A més, en el context climàtic actual i futur, la temperatura és un dels paràmetres que experimentarà els canvis més importants, canvis que repercutiran de manera inevitable sobre els ecosistemes. Val a dir aquí que no només la temperatura mitjana és important; també és essencial la seva distribució al llarg de l'any i els valors extrems que s'assoleixen, principalment els màxims d'estiu. No de bades moltes espècies pateixen més degut als valors extrems que no degut a les variacions en la temperatura mitjana. Pel que fa a les observacions, la temperatura es pot mesurar tan 'in situ', mitjançant instruments d'alta precisió (entre 0.01 °C i 0.001 °C), com des de satèl·lits (amb una precisió menor i una resolució espacial de l'ordre de 1 km). La gran avantatge dels satèl·lits és que, des dels anys 80, han permès una cobertura periòdica i gairebé total dels oceans (excepte quan hi ha cobertura nuvolosa); la seva principal desavantatge és que només mesuren la temperatura superficial de l'aigua (els primers cm de la columna), que si bé poden ser representatius d'una capa superficial més gran, no ho són de les capes fondes. [Val a dir aquí que quan es parla d'aigües fondes, més que la Temperatura 'in situ', es sol emprar la temperatura potencial (θ). Aquesta és la temperatura que tindria la mateixa aigua si es moguéssim de la fondària a que està fins a superfície sense intercanviar calor (és a dir, tot just eliminant els canvis que la pressió produeix sobre la temperatura); es mesura igualment en °C.]
- » La salinitat (S) és l'altre paràmetre hidrodinàmic que condiona la densitat de l'aigua; pel que fa a la distribució de la flora i fauna marines, la salinitat per sí mateixa no és tan important com la temperatura. La salinitat es mesura en Kg de sal per cada 1000 Kg d'aigua (unitats fins fa poc abreujades com a "psu" i ara sense dimensions), i el seu rang de variació tan temporal com espacial és relativament petit (tret de zones situades a la vora de la desembocadura de rius): en el 90% dels oceans del món la salinitat està entre 34 i 35, però la Mediterrània es troba precisament fora d'aquest 90%, amb valors de S entre 36.5 i 39. En el context actual de canvi climàtic, si bé es preveuen canvis en la salinitat, no s'espera que aquests afectin els ecosistemes de manera tan notòria com els de temperatura. La salinitat es pot mesurar també 'in situ', mitjançant instruments d'alta precisió (entre 0.01 i 0.001), i des de satèl·lits (amb una precisió molt menor i una resolució espacial molt pobre). Al igual que per a la temperatura, els satèl·lits només mesuren la salinitat superficial de l'aigua; la diferència respecte d'aquesta és que les mesures de salinitat des de l'espai són molt recents (uns pocs anys).
- » La densitat (ρ) és la variable hidrodinàmica per excel·lència. A escales superiors a la desena de km, la distribució horitzontal de densitat és la responsable dels principals corrents marins, que s'estableixen com a resposta dinàmica a les diferències horitzontals de pressió causades per les diferències de densitat. En la vertical, la densitat sempre augmenta amb la fondària (del contrari la columna d'aigua seria inestable), però dependent de si aquest augment és important (columna d'aigua molt estratificada) o feble (columna més homogènia) s'inhibiran o afavoriran els moviments verticals d'aigua. Aquests moviments són fonamentals per al transport de nutrients des de les capes fondes fins a la capa fòtica o il·luminada, transport del qual depèn la producció de fitoplàncton. L'estratificació té un cicle estacional molt marcat: a l'estiu i començament de tardor, l'escalfament de les capes superficials accentua la diferència de temperatura respecte de les capes fondes i per tant la diferència de densitat, establint-se el que s'anomena com a termoclina (o piconoclina) estacional que inhibeix els moviments verticals. A l'hivern i començament de

primavera, el refredament superficial i la mescla causada pels temporals fa disminuir les diferències verticals de densitat, afavorint els moviments verticals. La densitat no es mesura directament, sinó que es calcula a partir de la temperatura i la salinitat a partir d'una equació empírica (l'equació d'estat). De fet, la variable dinàmica d'interès no és la densitat 'in situ' o vertadera, que a les capes fondes es veu afectada també per la pressió, sinó la densitat que tindria la mateixa aigua si estigués en superfície (no sotmesa a pressió). Sense la contribució de la pressió, el rang de variació de la densitat és típicament de 1026 a 1029 kg/m³. Per no haver d'arrossegar xifres no significatives, a la densitat se li sol restar el valor de 1000, amb la qual cosa es diu que varia entre 26 i 29; a aquesta variable se l'anomena σ (σ_θ , si en el seu càlcul es tenen en compte també les variacions de la temperatura degudes a la pressió).

- » Els corrents marins són els responsables del transport no només d'aigua, sinó de tot el que es mou amb aquesta (oxigen dissolt, nutrients, organismes planctònics,...). Els corrents afecten per exemple la dispersió de larves, i per tant les pesqueres. També els ecosistemes costaners estan condicionats per la intensitat dels corrents. Com ja s'ha dit abans, a escales més grans de la desena de km les diferències horitzontals de densitat són un dels motors principals dels corrents marins, tan superficials com fondos (són els anomenats 'corrents geotròfics'). També el vent, que actua a totes les escales, provoca corrents; si bé de manera directa només mou les capes més superficials, de manera indirecta pot posar en moviment també les capes fondes, com passa amb els grans girs oceànics. A la Mediterrània, però, els vents són en general variables i intermitents, i així són també els corrents associats. Hi ha molt poques mesures directes de corrents, i aquestes solen ser sempre locals. A escala regional, però, els corrents es poden obtenir de manera indirecta: i) d'una banda, els corrents geotròfics a qualsevol fondària es poden obtenir a partir de les variacions espacials de la densitat; ii) a partir dels anys 90 la mesura del nivell de la mar des de satèl·lits altimètrics ha fet possible inferir els corrents superficials; l'avantatge respecte a les mesures satel·litals de temperatura és que l'altimetria no es veu impedida per la cobertura nuvolosa, amb la qual cosa es poden inferir els corrents superficials (a una escala de desenes de km) de manera continuada i global.
- » L'onatge és el responsable de l'erosió costanera i també té impacte sobre els ecosistemes. En l'àmbit humà, l'onatge condiciona les comunicacions entre una illa i els territoris propers, així com també la pesca i activitats de lleure. Igual que per a la temperatura, l'onatge té un règim estacional molt marcat, de manera que els valors mitjans anuals no tenen molt de sentit més enllà de l'estadística. En canvi els valors extrems són molt rellevants, per quan aquests són en bona mesura els responsables dels impactes més importants. L'onatge es pot inferir de manera aproximada des de satèl·lits, però les millors observacions provenen de boies. Això sí, en tractar-se de mesures locals, cal algun tipus d'algorisme que, a partir de dades de vent, permeti inferir l'onatge allà on no es disposa de mesures.
- » El darrer paràmetre físic d'interès és el nivell de la mar. A l'arxipèlag Balear les marees tenen un rang molt petit (de l'ordre de 5 cm) i per tant tenen poc impacte. De fet, la pressió atmosfèrica té més rellevància que les marees, per quan fa pujar/baixar el nivell de la mar 1 cm per cada mb que disminueix/augmenta la pressió; això fa que en situacions marcadament ciclòniques/anticiclòniques la mar pugui estar més de 20 cm per sobre/davall del seu nivell normal. També el vent és un motor de canvi, especialment quan bufa perpendicularment a la costa. Però com s'ha dit abans, el nivell de la mar no seria una variable cabdal si no fos per l'augment que s'està produint degut el canvi climàtic. El fet que les pujades previstes al llarg d'aquest segle puguin alterar la fisonomia de la costa fa que aquesta variable s'hagi de considerar a dia d'avui entre les principals. El nivell de la mar també es mesura tan 'in situ' com des de satèl·lits. Les mesures in situ són molt precises (de l'ordre de 1 mm) i a la Mediterrània Occidental es disposa de dades que abasten més de 100 anys (unes poques dècades en el cas de les Illes Balears). Pel contra, les mesures de satèl·lit són globals, però de menys precisió (de l'ordre de 1 cm) i les sèries de dades arranquen a principis dels anys 90.

EL MARC OCEANOGRÀFIC DE L'ILLA DE CABRERA

En el context oceanogràfic, l'arxipèlag de Cabrera participa de la circulació i les masses d'aigua que caracteritzen la Mediterrània Occidental, i més concretament la conca Algeriana, que abasta des del nord d'Àfrica fins a les Illes Balears i Sardenya, i des del mar d'Alborán fins a Sicília. El tret fonamental de la Mediterrània Occidental es la circulació ciclònica (anti-horària) que flueix sobre la plataforma i talús continentals al llarg de pràcticament tota la conca (veure p.e. Millot, 1985): l'aigua Atlàntica (AW), que entra en superfície per Gibraltar i ocupa els primers 200 m de la columna d'aigua, travessa primer el Mar d'Alborán i després continua al llarg de la costa Algeriana, constituint el que es coneix com a Corrent d'Algèria (AC). Aquest corrent és sovint inestable i dóna lloc a la formació de remolins anticiclònics i ciclònics que es desprenen del corrent. Els primers són més persistents en el temps i sovint arriben a l'arxipèlag Balear (Millot i Taupier-Letage, 2005).

Quan el corrent d'Algèria arriba a Sicília, una part continua cap a la Mediterrània Oriental i una altra segueix les costes de la mar Tirrena i del mar Lligur (Astraldi i Gasparini, 1992), conformant el que es coneix com a Corrent del Nord (NC); quan aquest corrent arriba a la plataforma de la Península Ibèrica s'anomena també Corrent Català-Balear. En arribar al canal d'Eivissa el NC pot tenir comportaments distints: normalment, sempre hi ha una branca que no travessa el canal, sinó que flueix al llarg de la costa NO d'Eivissa primer i de Mallorca després (Salat, 1995; García-Ladona *et al.*, 1996), conformant el Corrent Balear (BC); aquest corrent es dilueix més allà del nord-est de Menorca. Una altra part del NC sol travessar el canal d'Eivissa i seguir en direcció SO al llarg del marge Ibèric, tot i que a vegades es produeixen situacions de bloqueig que impedeixen el pas d'aquesta branca. Un esquema de la circulació general a la conca Mediterrània Occidental es mostra a la Fig. 1.

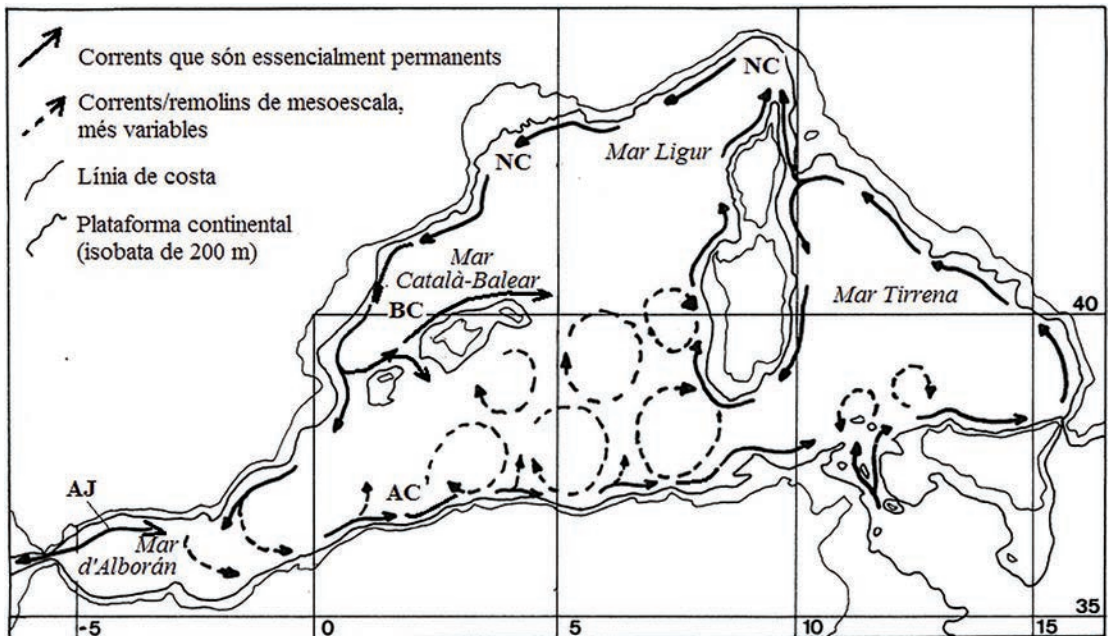


Figura 1 Esquema de la circulació superficial a la conca Occidental de la Mediterrània. Els corrents permanents representats són l'entrada d'aigua atlàntica per Gibraltar (AJ), el Corrent d'Algèria (AC), el Corrent del Nord (NC) i el Corrent Balear (BC). També s'han representat els girs transitoris de la conca Algeriana. [Versió adaptada d'una figura de Millot and Taupier-Letage, 2005].

Pel que fa al que era el Parc Nacional Marítim-Terrestre (PNMT) de Cabrera fins a l'any 2018, tot ell es situava sobre fons de menys de 150 m. En aquell domini només calia parlar d'aigua superficial i, per tant, d'aigua d'origen Atlàntic. A l'entorn de l'illa se n'hi troben dues classes d'AW: una és AW 'nova', que ha travessat recentment l'estret de Gibraltar, ha arribat a Cabrera directament des de la conca d'Algèria, i es caracteritza per la seva baixa salinitat ($S < 37.5$); l'altra és AW 'resident', que arriba a Cabrera des del nord després de fer tota la volta a la conca Occidental, i que ha anat augmentant paulatinament de salinitat ($S > 37.5$) degut a processos d'evaporació i mescla. La confluència d'aquestes dues masses d'aigua genera un front de salinitat que es situa pels voltants de l'arxipèlag Balear, sobre tot en primavera i estiu. La posició del front i per tant les aigües superficials que es puguin trobar just al voltant de Cabrera depenen de com ha estat el forçament atmosfèric durant l'hivern (Monserrat *et al.*, 2008; Balbín *et al.*, 2012b).

L'any 2018 es va ampliar considerablement el PNMT de Cabrera fins a la zona de l'escarpament Emil Boudot, situat al SE de Cabrera (Fig. 2). Des d'aquest punt el nou domini s'estén en la direcció sud-est-nord-est sobre una àrea de 80773 ha (que sumades a les de l'actual parc fan un total de 90794 ha) i amb un perímetre de 82.15 milles nàutiques. El nou domini es situa sobre fons que arriben a tenir més de 2000 m i, per tant, cal parlar d'altres masses d'aigua més enllà de les superficials. Pel que fa a masses d'aigua intermèdies, n'hi ha dues que arriben als voltants de Cabrera: l'Aigua Llevantina Intermèdia (LIW), situada típicament entre els 200 i 1000 m i que té el seu origen a la Mediterrània Oriental, i l'Aigua Intermèdia Occidental (WIW), situada típicament entre els 100 i 300 m. La WIW es forma els hiverns sobre la plataforma i talús de la conca (veure p.e. Vargas-Yáñez *et al.*, 2012) i és transportada pel NC fins al Golf de València i el canal d'Eivissa, on arriba a finals d'hivern o principis de primavera. Aquesta aigua, però, no continua sempre al llarg de la costa NO de les Balears; alguns anys s'hi troba i d'altres no. A nivells més fons (a partir de 1000 m i fins al fons) s'hi troba l'Aigua Fonda de la Mediterrània Occidental (WMDW). Aquesta aigua es forma per convecció hivernal al Golf de Lleó i al mar Lligur (grup MEDOC, 1970) i per esclavissaments en cascada al marge continental, sobre tot dintre dels canons que retallen la plataforma del Golf de Lleó i la costa catalana (Canals *et al.*, 2006; Puig *et al.*, 2013). La Taula I mostra els valors de temperatura potencial i salinitat que caracteritzen les masses d'aigua al voltant de l'arxipèlag Balear (López-Jurado *et al.*, 2008).

Taula I. Rangos de temperatura potencial (θ , en °C) i salinitat (S) que caracteritzen les masses d'aigua rellevants per a la zona de Cabrera: Aigua Atlàntica superficial (AW), Aigua Intermèdia de la Mediterrània Occidental (WIW), Aigua Llevantina Intermèdia (LIW) i Aigua Fonda de la Mediterrània Occidental (WMDW).

Massa d'aigua / Water mass	Valors en origen / Values at origin	Valors locals / Local Values
AW	15.0 < θ < 18.0 36.15 < S < 36.50	15.0 < θ < 28.0 36.50 < S < 37.50
AW resident	13.0 < θ < 28.0 37.50 < S < 38.30	13.0 < θ < 28.0 37.50 < S < 38.20
WIW	12.5 < θ < 13.0 37.90 < S < 38.30	12.5 < θ < 13.0 37.90 < S < 38.30
LIW	14.0 < θ < 15.0 38.70 < S < 38.80	13.0 < θ < 13.4 38.45 < S < 38.60
WMDM	12.7 < θ < 12.9 38.40 < S < 38.48	12.7 < θ < 12.9 38.40 < S < 38.48

Com no pot ser d'altra manera, els ecosistemes marins guarden relació amb la posició dels fronts oceànics que separen masses d'aigua distintes, afectant la productivitat, els cicles de nutrients i carboni i l'ecologia tròfica (veure p.e. Landry *et al.*, 2012, i referències subsegüents). Això també es pot observar a les Illes Balears, on la variabilitat de mesoescala (estructures d'entre 10-100 km, veure p.e. Pinot *et al.*, 1995) determina les diferències interanuals en els patrons de les comunitats meroplànctòniques (Alemany *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2011). La localització dels fronts també determina la variabilitat interanual dels habitats de reproducció de grans depredadors pelàgics com la tonyina vermella i blanca (Reglero *et al.*, 2012). Finalment els fronts i remolins juguen un paper

molt important en la connectivitat genètica i fragmentació geogràfica entre distintes poblacions de la mateixa espècie de peixos (Schunter *et al.*, 2011). La influència dels paràmetres físics sobre els ecosistemes es tractarà, però, dintre dels capítols dedicat als sistemes naturals marins.

DADES EXISTENTS I PROGRAMES DE MONITORATGE

Les dades oceanogràfiques existents i que són rellevants per a l'illa de Cabrera es poden separar en tres categories. D'una banda, les dades de satèl·lit, que són d'abast global però no per això s'han d'obviar; no de bades són l'únic tipus de dada que dona a la vegada una cobertura espacial completa dels voltants de l'illa i una continuïtat temporal. El segon tipus de dades són dades 'in situ' recollides en les proximitats de Cabrera però que no tenien l'illa com a objectiu. Aquí cal nomenar les bases de dades que abasten tota la conca Mediterrània Occidental i també els programes de monitoratge desenvolupats al voltant de l'arxipèlag Balear. Finalment hi hauria les dades que tenen com a objectiu concret el monitoratge de l'illa de Cabrera, i que per tant són del tot locals. A continuació es descriuen els tres tipus de dades.

DADES DE SATÈL·LIT

Els programes d'observació de la terra d'agències espacials com la ESA i la NASA són una gran contribució a l'estudi dels oceans. Mitjançant sensors instal·lats a satèl·lits en òrbita actualment es pot mesurar la temperatura i salinitat de l'aigua, el nivell de la mar, l'onatge i el 'color' (a partir del qual es dedueixen concentracions de clorofil·la i sediments). Les dades satel·litals tenen com a gran avantatge la cobertura global i la seva continuïtat en el temps; alguns programes ja estan en marxa des de fa prou anys com per permetre estudis climàtics (p.e., aviat farà 40 anys de les primeres mesures de temperatura i 25 de les de nivell de la mar). Com a punts negatius d'aquest tipus d'observacions cal remarcar que només ofereixen informació de la superfície de la mar i que estan subjectes a distintes fonts d'error que cal corregir. La resolució espacial i temporal de les dades varia molt d'un tipus de mesura a un altra i no sempre són prou bones com per estudiar certs processos oceanogràfics.

L'observació de la temperatura superficial de l'aigua a partir tècniques radiomètriques passives va començar a principis dels anys 80; actualment es subministren dades fins a cada 12h a una resolució espacial d'1 km. Cal remarcar una vegada més que aquestes observacions depenen de l'absència de níguls i són sensibles a les característiques de l'atmosfera, per la qual cosa les dades originals requereixen d'un post-processat que fa augmentar la qualitat del producte però li redueix la resolució espacial i temporal.

L'altura del nivell de la mar es mesura mitjançant tècniques de radar actiu des de l'any 1992. Les dades d'altimetria no cobreixen tot l'oceà, sinó que s'obtenen al llarg de les traces sobrevolades pels satèl·lits i que (a aquestes latituds) poden estar separades entre 50 i 200 km. La separació de les traces és inversament proporcional a la periodicitat de les mesures, la qual oscil·la entre 30 i 7 dies. A partir de les dades originals es sol fer un post-procés que interpola els valors sobre una malla regular, la qual cosa simplifica la interpretació i els càlculs posteriors. Per a la Mediterrània, actualment existeix un producte diari amb una resolució espacial d'1/8° (uns 13 km); ara bé, malgrat el producte interpolat tenguí aquesta resolució, cal recordar que les dades originals amb les que es basen els productes tenen unes resolucions bastant més pobres. Des de l'any 2003 i gràcies a la missió GRACE es disposa també de mesures gravimètriques que complementen les mesures altimètriques de nivell de la mar. La gravimetria dona informació sobre els canvis de massa i per tant sobre la quantitat d'aigua que hi ha a un lloc determinat. Combinant-la amb mesures d'altimetria es poden deduir canvis en la densitat de la columna d'aigua. Ara bé, GRACE té una resolució espacial molt baixa (de l'ordre dels 100 km) i per tant només és útil per a estudis a escala de conca.

Una altra variable que fa temps que es mesura des de satèl·lit és el ‘color’ de l’aigua. En realitat el que es fa és mesurar amb un radiòmetre l’espectre de llum que arriba des de l’oceà. S’ha comprovat que l’anàlisi a distintes longituds d’ona dona informació sobre distint tipus de partícules en suspensió. Mitjançant algorismes sofisticats es pot deduir per exemple la concentració de sediments o de clorofil·la, que és una mesura indirecta de la producció primària. Al treballar en el rang visible i infrarroig, les mesures estan afectades per la presència de níguls, la qual cosa requereix un post-procés acurat que redueixi els errors de les observacions. Distintes missions espacials han proporcionat dades de color de l’aigua des de finals dels anys ‘70 (es pot trobar un resum a <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), cadascuna amb particularitats diferents pel que fa a la forma com s’obtenen les mesures i el tipus de processat posterior. Actualment per a la Mediterrània es disposa de productes que combinen tota la informació disponible produint mapes amb una resolució espacial i temporal de fins a 1 km i 1 dia, respectivament.

Finalment, l’any 2009, es va llançar la missió espacial SMOS (humitat del terra i salinitat de l’oceà, en les sigles angleses), promoguda per l’ESA, i l’any 2011 la missió AQUARIUS, promoguda per la NASA. Aquestes dues missions han mostrat per primera vegada la capacitat de mesurar des de l’espai la salinitat superficial de l’oceà. Les dues missions es basen en tècniques diferents (radiòmetre d’interferometria en banda L en el cas de SMOS i sensors radiomètrics PALS en el cas d’AQUARIUS). Es tracta de tecnologies molt noves i que encara tenen marge de millora pel que fa a la qualitat de les observacions i dels productes que s’obtenen a partir d’elles. La proximitat de les costes, la necessitat de tenir bones estimes dels processos atmosfèrics i la contaminació electromagnètica deguda a les xarxes de telefonia mòbil fan que les mesures brutes tinguin uns errors molt grans. De fet, sempre s’havia considerat que a la Mediterrània no es podrien obtenir mesures de salinitat des de satèl·lits, però els darrers avanços en tècniques de post-procés han permès crear uns productes ‘Mediterranis’ que tenen una resolució espacial d’uns 25 km i una resolució temporal diària. L’error dels mapes de salinitat és de ~ 0.45 (<http://bec.icm.csic.es/>).

L’obtenció d’aquests productes satel·litals s’ha simplificat molt en els darrers temps, i totes les dades són d’accés públic (excepte alguns productes en temps real). Per a la Mediterrània cal destacar el servei Copernicus (<http://marine.copernicus.eu/>), que s’ha encarregat de compilar els distint productes, posar-los en un format homogeni i distribuir-los mitjançant un únic portal web. En particular, Copernicus proveeix dades d’altimetria, temperatura superficial i color de l’aigua. També bona part de les dades de la NASA són d’accés lliure. Així per exemple, les dades de gravimetria es poden obtenir a <https://grace.jpl.nasa.gov/>. Finalment, mencionar que les dades de SMOS, estan disponibles a (<http://bec.icm.csic.es/>).

DADES ‘IN-SITU’

Obtenir mesures a la mar és una tasca cara i laboriosa. Per una banda hi ha les campanyes oceanogràfiques, durant les quals un vaixell va mesurant perfils de distintes variables (temperatura, salinitat, oxigen, etc...) al llarg de tota la columna d’aigua a llocs concrets (‘estacions’). Aquestes campanyes solen proporcionar una cobertura espacial raonablement bona però corresponen a un moment concret i sovint no són representatives d’un període de temps extens. Alternativament hi ha l’opció de fondejar instruments que mesurin de forma continuada, però a uns pocs punts; els fondejos ofereixen per tant una bona cobertura temporal, però just són representatius d’una zona molt concreta. En el marc oceanogràfic en el que s’insereix l’illa de Cabrera podem classificar la informació disponible i basada en mesures ‘in-situ’ en tres tipus: i) els productes sobre xarxes espacials regulars obtinguts a partir de dades històriques, i que solen ser a escala de conca; ii) les sèries temporals derivades de programes de monitoratge regional, en el marc dels quals s’obtenen mesures de forma periòdica a zones properes a Cabrera; iii) els programes de mostreig locals, fets directament a l’entorn immediat de l’illa i focalitzats en el seu estudi. Malgrat la qualitat de la informació del primer tipus de dades és inferior a les altres, té l’avantatge de cobrir un període de temps molt llarg (normalment de 1950 fins al present). Per l’altra banda, les dades locals són les més representatives de l’entorn de Cabrera, però malauradament encara tenen una cobertura temporal molt limitada.

Productes a nivell de conca.

Pel que fa als productes en malla cal explicar que es basen en recopilar totes les observacions disponibles durant un període concret (p.ex. un mes determinat) i combinar-les per tal d'inferir un camp continu que cobreixi no només les zones on hi ha mesures sinó també on no n'hi ha. Òbviament aquest tipus de producte té les seves limitacions, però en molts de casos són l'única font d'informació disponible i l'única manera de tenir una aproximació contínua en el temps i l'espai de variables com la temperatura o la salinitat. Una descripció detallada dels tipus de productes disponibles a la Mediterrània i de les seves limitacions es pot trobar a Jordà *et al.*, (en preparació); aquí just se'n farà un breu resum.

Els productes en malla més emprats a la Mediterrània són els de MEDAR/MEDATLAS ((MEDAR-Group, 2002; Rixen *et al.*, 2005), l'EN4 del Hadley Centre (Good *et al.*, 2013) i el d'Ishii i Kimoto (2009). Els tres es basen en una compilació de tots els perfils disponibles (normalment els que estan emmagatzemats al *World Ocean Database*), en un control de qualitat que pretén netejar les dades dubtoses i en un procés d'interpolació de les dades discretes sobre una malla regular en l'espai i periòdica en el temps. Així per exemple, MEDAR/MEDATLAS, que és un producte estrictament Mediterrani, té una resolució horitzontal de $1/4^\circ$ (~ 25km), però finalitza l'any 2000. Els altres dos són productes globals de menor resolució ($1^\circ \approx 100$ km) però s'extenen fins al present. En tots els casos la resolució vertical és semblant. Malgrat sobre el paper els tres productes haurien de ser molt semblants, la realitat és que les diferències en el control de qualitat i l'algorisme d'interpolació es tradueixen en diferències no negligibles, sobretot pel que fa a la salinitat (Jordà i Gomis, 2013).

Finalment cal destacar una altra font de dades que són les simulacions numèriques. En aquestes simulacions s'executen models matemàtics que descriuen el comportament de l'oceà sota el forçament de camps atmosfèrics i proporcionen l'evolució espacial i temporal de distintes variables oceanogràfiques. A dia d'avui es disposa de simulacions numèriques d'onatge, nivell de la mar, corrents marins, temperatura, salinitat i fins i tot de variables biogeoquímiques (p.e. nutrients, oxigen, fitoplàncton,...). Ara bé, la qualitat i la fiabilitat no és la mateixa per a totes les simulacions i cal fer un treball de validació previ abans d'utilitzar-les per caracteritzar alguna zona en particular.

Programes de monitoratge regional

Un primer exemple de programa de monitoratge a nivell regional és el que duu a terme l'Institut Espanyol de Oceanografia (IEO) a totes les costes espanyoles. Aquest programa, anomenat IEOOS (Lavín, 2014), es basa en sistemes d'observació diferents, fonamentalment instrumentació fixa (fondejos, boies de superfície, mareògrafs,...) i campanyes oceanogràfiques periòdiques (p.e. el programa RADIALES, veure Valdés *et al.*, 2002; Bode *et al.*, 2012). L'adquisició de dades multidisciplinars (físiques, químiques i biològiques) del programa RADIALES resol la variabilitat estacional i constitueix, ara per ara, el programa de monitoratge marí més llarg en el temps, juntament amb les dades d'onatge i nivell de la mar de Puertos del Estado.

Com a part de l'IEOOS, a la Mediterrània es va dissenyar el 2007 el programa RADMED ("RADiales del MEDiterráneo"), amb l'objectiu d'integrar diferents programes de monitoratge previs (ECOMALAGA, ECOMURCIA, ECOBALEARÈS, CIRBAL,...), alguns d'ells iniciats els anys 90. El programa RADMED ha unificat tècniques i estratègies de mostreig i anàlisi per tal d'optimitzar esforços i constituir un sistema operacional modern que aporti les dades requerides per investigadors i gestors. RADMED s'encarrega d'algunes de les avaluacions requerides per la Directiva Marc d'Estratègia Marina (Marine Strategy Framework Directive, MFSM) per a les costes Mediterrànies espanyoles, abastant els paràmetres físics, químics i biològics (entre ells l'estructura i biomassa de les comunitats planctòniques). En aquests moments s'estan desenvolupant també programes de mostreig de paràmetres antropogènics que tenen un impacte sobre el medi marí, com contaminants i microplàstics. Les estacions del programa RADMED s'organitzen al llarg de transectes, normalment perpendiculars a la costa (la distribució d'estacions es mostra a la Fig. 2a). L'estació 66, situada sobre l'escarpament Emile Baudot, és la més propera a Cabrera, i s'està mostrejant des de 2007. Els detalls de periodicitat, estratègies de mostreig, etc. estan recollides a

López-Jurado *et al.*, (2015).

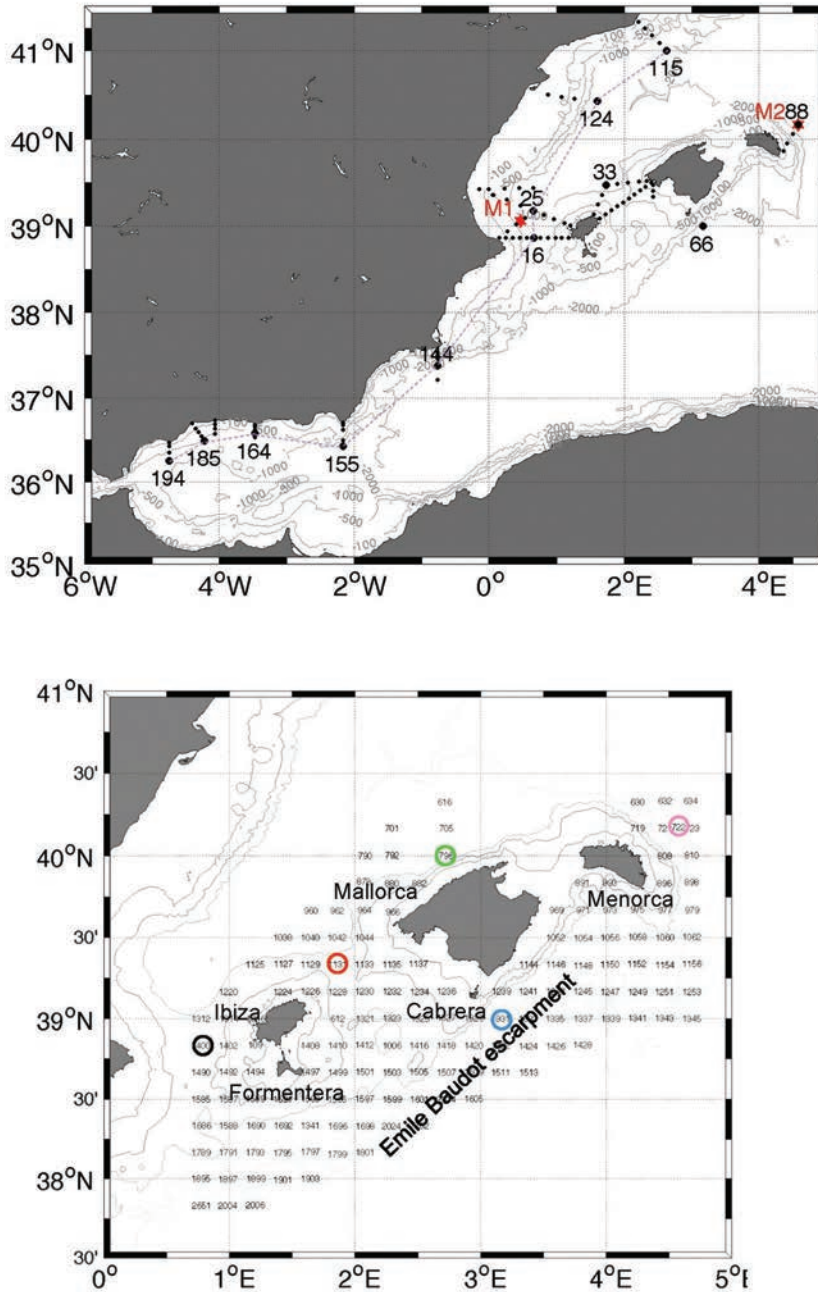


Figura 2 (a) Estacions de mostreig del programa RADMED. Els punts més gruixats i numerats corresponen a estacions on es mostra tota la columna d'aigua. Les estrelles vermelles indiquen la posició dels fondejos. Les línies grises primes són les isòbates de 100, 500, 1000 i 2000 m. [Versió de la figura de López-Jurado *et al.*, 2015]. (b) Distribució d'estacions de la campanya Atame-0612, com un exemple dels mostrejos duts a terme en el marc del programa TUNIBAL. [Versió adaptada d'una figura de Balbín *et al.*, 2014].

L'IEO ha dut a terme també programes de monitoratge més específics, però que aporten dades molt valuoses; es tracta de TUNIBAL i BLUEFINN, que tenen com a objectiu l'estudi de la

tonyina (*Thunnus thynnus*). A TUNIBAL es van obtenir dades d'ictioplancton i ecologia de larves, però també de tots els paràmetres físics al voltant de l'arxipèlag Balear, que és una de les principals àrees de reproducció de la tonyina de l'Atlàntic Oriental. Les dades es van obtenir sobre una xarxa regular de 200 estacions separades 10 milles nàutiques (Alemany *et al.*, 2010). La continuació de TUNIBAL és el programa BLUEFINN. Els detalls sobre els dos programes es poden trobar a Balbín *et al.*, (2014). La distribució d'estacions de 2012 es mostra a la Fig. 2b.

Totes les dades físiques i bioquímiques obtingudes en el marc dels programes de monitoratge de l'IEO s'han recollit a la base de dades IBAMar. Recentment IBAMar s'ha completat amb dades històriques obtingudes amb ampolles Niskin o Nansen. Els paràmetres que inclou són T, S, oxigen dissolt, fluorescència, terbolesa, nutrients inorgànics dissolts (nitrat, nitrit i silicat) i clorofil-la- α . Malgrat les dades van ser obtingudes amb protocols diferents, totes han estat sotmeses a controls de qualitat i re-processades amb protocols comuns. Es pot accedir a la base de dades a través de l'enllaç <http://www.ba.ieo.es/ibamar>; els detalls de la base de dades estan també disponibles a Aparicio-González *et al.*, (2015).

Una altra institució d'àmbit estatal que manté xarxes d'instruments de mesura és Puertos del Estado. Una de les seves xarxes és REDMAR, constituïda pels mareògrafs instal·lats a ports de titularitat estatal (els detalls de la xarxa REDMAR es poden trobar a: http://calipso.puertos.es/BD/informes/INT_3.pdf). La finalitat de REDMAR és mesurar, analitzar i guardar dades de nivell de la mar, a les quals es pot accedir en temps real. A dia d'avui la xarxa compta amb una trentena d'estacions arreu de les costes espanyoles i la seva antiguitat és variable (les més antigues daten de 1992). El SOCIB (Sistema d'Observació Costanera de les Illes Balears), una altra de les institucions rellevants a la que ens referirem més endavant, també té uns quants de mareògrafs instal·lats a les Illes, tot i que són més recents que els de Puertos del Estado. El mareògraf més proper a Cabrera és un d'aquests, i està instal·lat a Sa Ràpita. Finalment, l'IEO té un mareògraf instal·lat al port de Palma que va funcionar uns pocs anys a la dècada dels 60 i ara opera regularment des de 1997; les seves dades es poden descarregar del portal SeaDataNET (<https://www.seadatanet.org/>). La Fig. 3 mostra tots els mareògrafs de l'arxipèlag Balear.

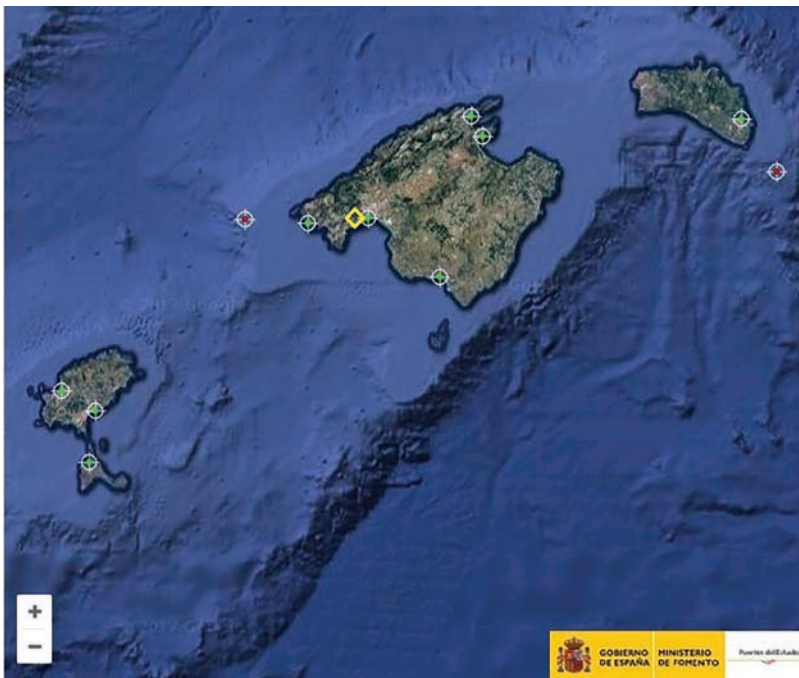


Figura 3 Sistema d'observació de Puertos del Estado al Mar Balear: els punts verds són mareògrafs de la xarxa REDMAR, alguns d'ells operats conjuntament amb el SOCIB; els punts vermells són dues boies de la xarxa exterior o d'aigües fondes. El rombe groc correspon al mareògraf de Palma operat per l'IEO.

A més a més de la xarxa de mareògrafs, Puertos del Estado gestiona també dues xarxes de boies, una de costanera i una d'exterior o d'aigües fondes. Les boies costaneres mesuren només onatge, mentre que a les boies de la xarxa exterior es mesuren també altres paràmetres oceanogràfics (temperatura, salinitat i corrents superficials) i atmosfèrics (temperatura de l'aire i vent). A l'arxipèlag Balear hi ha dues d'aquestes boies d'aigües fondes: la de Dragonera i la de l'Illa de l'Aire (Fig. 3). Els detalls sobre aquestes xarxes són a: http://calipso.puertos.es/BD/informes/INT_3.pdf.

Un altre programa de monitoratge regional més recent i més limitat, en el sentit de que només es centra en la temperatura, és la xarxa T-MedNet (www.t-mednet.org), creada pel grup de recerca MEDRECOVER (<http://www.medrecover.org/ca>) de l'Institut de Ciències del mar de Barcelona (CSIC). En el marc d'aquest estudi la importància de T-MedNet radica en que està recollint dades a la mateixa illa de Cabrera, tal i com es detallarà a la secció 3.2.3. A nivell regional, l'objectiu de T-MedNet és obtenir sèries llargues i d'alta resolució temporal de la temperatura de les aigües costaneres de la Mediterrània, facilitant-ne l'intercanvi i l'anàlisi de dades. El fet que siguin dades d'alta resolució temporal les fa especialment útils per avaluar les condicions ambientals a les que s'han adaptat les espècies i per identificar variacions espacials i temporals; també per detectar successos extrems i avaluar-ne el seu impacte biològic.

A la Mediterrània Occidental T-MedNet està recollint registres de temperatura a més de 20 indrets de manera estandaritzada; les sèries més llargues són les de Marsella i el Parc Nacional de Port-Cros, a França, que van començar el 1999. Les dades s'obtenen mitjançant sensors autònoms fixats a fons de roques que mesuren la temperatura a intervals de 5 m de fondària. Les dades es descarreguen normalment dues vegades a l'any i es posen a la xarxa, a disposició de tothom. Al mateix portal web es poden veure gràfics de la temperatura mitjana diària i la mitjana mensual; també el número de dies que la temperatura mitjana ha superats els llimars que es consideren crítics per a la supervivència d'algunes espècies d'invertebrats bentònics. A més a més de les estacions de Cabrera, que es descriuran a continuació, a les Illes Balears s'estan recollint dades de manera regular a Mallorca i Menorca, i més ocasionalment a Eivissa.

A nivell de les Illes Balears la institució més rellevant pel que fa al monitoratge oceanogràfic és el SOCIB. A més del mareògraf de Sa Ràpita anomenat abans, el SOCIB disposa d'altres mareògrafs, boies, i estacions meteorològiques distribuïdes arreu de l'arxipèlag Balear; els instruments més propers a Cabrera són l'estació meteorològica de Ses Salines i la boia de la Badia de Palma. A més a més dels instruments fixos, SOCIB gestiona una flota de *gliders* que duen a terme transectes entre illes i entre les illes i la península. Es pot trobar tota la informació a: <http://www.socib.eu/?seccion=facilities>.

Finalment, entre les dades interessants cal considerar també les dels instruments fondejats en el marc de projectes de recerca com per exemple IDEADOS. L'objectiu d'aquest projecte era determinar les relacions entre les condicions ambientals i les comunitats nectobentòniques a dues zones amb distintes característiques geomorfològiques i hidrodinàmiques, una situada al nord i l'altra al sud de l'arxipèlag Balear, prop de Cabrera (Massutí *et al.*, 2014). A cada zona es va instal·lar un fondeig sobre un fons de 900 m que van estar operatius entre novembre de 2009 i febrer de 2011; cada línia estava equipada amb quatre sensors de temperatura i salinitat (situats a 850, 700, 500 i 300 m de la superfície) que van obtenir dades cada 10 min, dos correntòmetres (a 850 i 500 m) que van obtenir dades cada 30 min, i una trampa de sediments situada al fons que va obtenir una mostra cada 10 dies. Tots els detalls es poden trobar a Amores (2014).

Dades obtingudes a les costes de Cabrera

A nivell estrictament local la quantitat de dades disponibles és petita, però no negligible. Com s'ha dit abans, l'illa de Cabrera està essent monitoritzada per la xarxa T-MedNet, que hi té dues estacions: a Imperial s'estan recollint dades de temperatura des de 2007 entre 5 y 65 m de fondària, mentre que a Na Foradada s'estan recollint dades des de 2009 entre 10 i 40 m de fondària (a Na Foradada les dades recollides entre 2009 i 2012 es van obtenir en el marc del projecte EPIMHAR; va ser el 2103 que es va incorporar l'estació a la xarxa T-MedNet). Els equips responsables de les

dades són del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC), que recull les d'Imperial, i del Centre Oceanogràfic de Balears de l'IEO, que recull les de Na Foradada. Els sensors instal·lats a les dues estacions són models HOBO Water Temp Pro v2, que tenen una precisió de 0.2°C i una resolució de 0.15°C.

A Cabrera s'han recollit també sèries de temperatura en el marc del monitoratge de praderies de *Posidonia oceanica*. D'una banda, el grup de Canvi Global de l'IMEDEA té sensors instal·lats al port de Cabrera, a 17 m de fondària, des de 2001; el mateix grup va instal·lar també sensors a Cala Santa Maria, a 7 m de profunditat, i a Es Castell, a 10 m de profunditat (ambdues sèries comencen l'estiu de 2009). D'altra banda, en el marc del projecte PINNA el grup IMPACT@SEA del Centre Oceanogràfic de Balears de l'IEO va instal·lar sensors a Cala Santa Maria, a 20 m de fondària, i al Cap de Morabatí, a 30 m de fondària (ambdues sèries comencen el 2011). En tots els casos els sensors instal·lats són models TidbiT v2, que tenen una precisió de 0.2°C i una resolució de 0.02°C a 25 °C. La localització de totes les dades obtingudes a les costes de Cabrera es mostra a la Fig. 4.

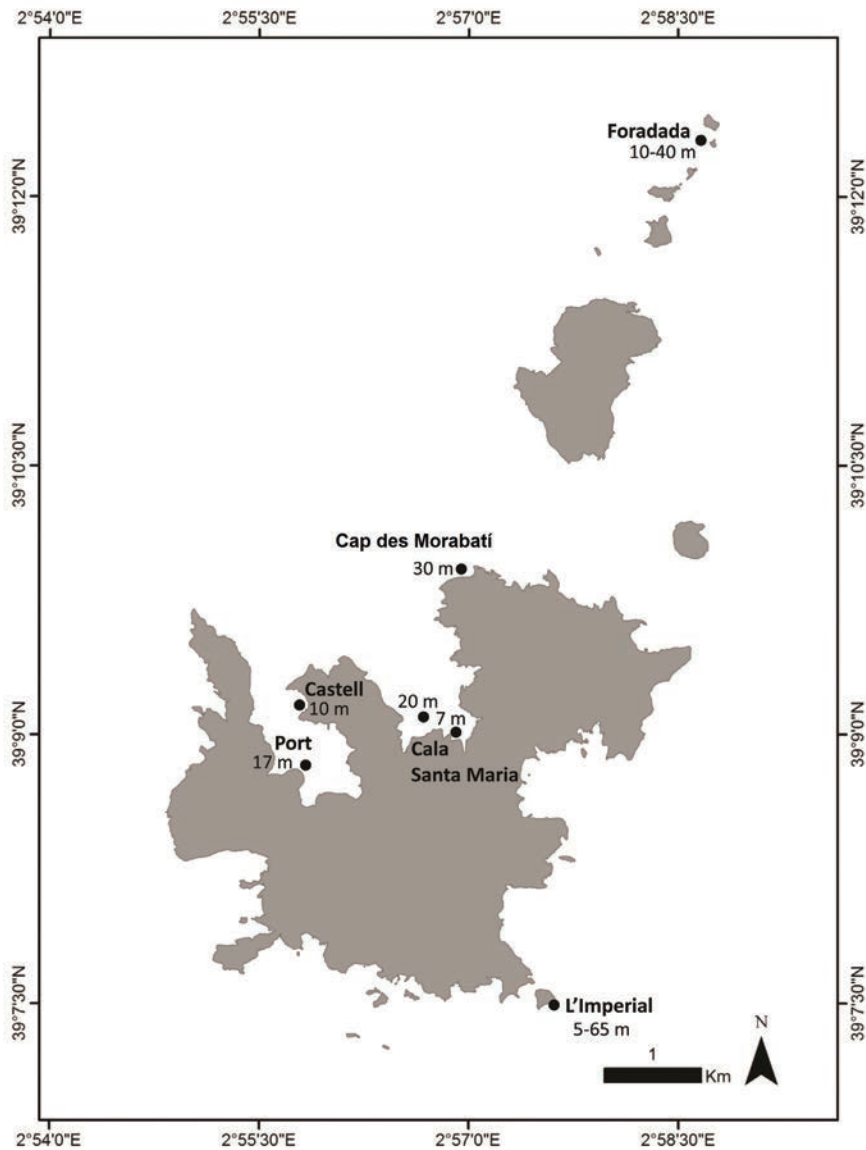


Figura 4 Localització de les sèries temporals de temperatura obtingudes a Cabrera: illot de Sa Foradada (entre 10 i 40 m), illot Imperial (entre 5 i 65 m), Cala Santa Maria (20 m) i Cap de Morabatí (30 m).

CARACTERITZACIÓ DELS PARÀMETRES D'INTERÈS A DISTINTES ESCALES

La caracterització dels distints paràmetres oceanogràfics es farà en base a la seva escala espacial (regional vs. local) i temporal (variacions estacionals, interanuals i a llarg termini).

ESCALA REGIONAL

Les dades de satèl·lit ens donen una visió de les variacions estacionals a nivell de conca, i malgrat només siguin camps superficials, són útils per posar en context les variacions als voltants de Cabrera. Pel que fa a la temperatura superficial (Fig. 5, columna esquerra), es pot veure que tota la conca occidental varia de forma bastant homogènia al llarg de l'any. Les temperatures mitjanes durant l'hivern varien latitudinalment entre els 10°C del Golf de Lleó i els 15°C de les costes africanes. A l'estiu l'estructura espacial és diferent, amb un màxim de temperatura al voltant de les Balears que és de l'ordre de 26-27 °C i amb mínims de 21-22°C al Golf de Lleó i mar d'Alborán. La tardor i la primavera mostren situacions intermèdies, amb valors entre 18 i 20°C. El gradient latitudinal és òbviament degut a l'efecte de la radiació solar, més intensa a latituds baixes. Els mínims relatius de temperatura durant l'estiu al mar d'Alboran i al llarg de la costa Africana estan associats a l'entrada d'aigua Atlàntica (més freda que la Mediterrània durant l'estiu) transportada al llarg de la costa africana pel corrent d'Algèria (Fig. 1).

Una altra variable observable des de satèl·lit és el nivell de la mar. Aquesta variable integra diversos processos físics: en primer lloc, reflecteix els canvis en la densitat de l'aigua (l'escalfament de l'aigua augmenta el seu volum específic i per tant el nivell de la mar); en segon lloc, reflecteix també desequilibris entre el balanç hídric en superfície (evaporació vs. precipitació) i l'entrada d'aigua des de l'Atlàntic; finalment, canvis en els corrents impliquen també canvis en els gradients espacials del nivell de la mar. En el cas de la Mediterrània Occidental (Fig. 5, columna central), s'observen diferències d'uns 30 cm entre regions (entre -20 i 10 cm a l'hivern i entre -10 i 20 cm a l'estiu, valors referits a una mitjana). Aquests gradients espacials estan associats als patrons de corrents superficials (veure Fig. 1): es pot veure, per exemple, un gradient important perpendicular a la costa africana associat a l'entrada d'aigües Atlàntiques i el seu recorregut al llarg del tal·lus algerià. De fet, hi ha un gradient perpendicular al llarg de totes les costes (valors més alts a costa que a mar obert), que reflecteix el circuit ciclònic dels corrents costaners al voltant de tota la conca. Sobre-imposat a aquest patró es veuen també estructures de mesoescala (remolins i meandres) i variacions locals dels corrents mitjans. També cal destacar que, encara que no sigui molt aparent, hi ha diferències estacionals en el nivell mitjà de la conca, que està uns 15-20 cm més alt a l'estiu que a l'hivern.

Les imatges satel·litals de color de l'aigua (Fig. 5, columna dreta) permeten inferir informació sobre la concentració de clorofil·la, la qual està directament relacionada amb la concentració de fitoplàncton i la producció primària. A la Mediterrània Occidental aquesta producció té un marcat caràcter estacional, amb valors més alts en superfície a l'hivern, quan l'aigua està més mesclada i permet que els nutrients de les capes intermèdies arribin a la zona fòtica (la zona il·luminada de la columna d'aigua). A l'estiu, pel contra, l'escalfament superficial implica un augment de l'estratificació que dificulta l'arribada de nutrients a la capa fòtica. Això és reflecteix en un mínim generalitzat de clorofil·la. Sobre-imposat a aquest patró general hi ha trets locals; així, a les embocadures dels rius principals (el Roina i l'Ebre) hi ha valors molt alts, associats als nutrients aportats pels rius. També al mar d'Alborán els valors són alts, en aquest cas associats a l'afiorament costaner de Màlaga induït pels vents regionals. En primavera destaca un màxim de clorofil·la a la part nord de la conca; aquest màxim està relacionat amb l'anomenat 'bloom' de primavera i es produeix quan la columna d'aigua es va re-estratificant després de la mescla hivernal. Pel que fa a les Balears cal destacar que malgrat s'observi també una variació estacional, els valors són més baixos que a molts altres indrets de la conca durant tot l'any. Finalment dir que les mesures satel·litals de clorofil·la són just un indicador de la producció primària en superfície. Hi ha processos que permeten la producció primària a capes més fondes i que donen lloc a un màxim subsuperficial al final de primavera (el 'màxim profund de clorofil·la', o DCM en les sigles angleses). Malauradament hi ha poques observacions que permetin

una caracterització completa d'aquest procés.

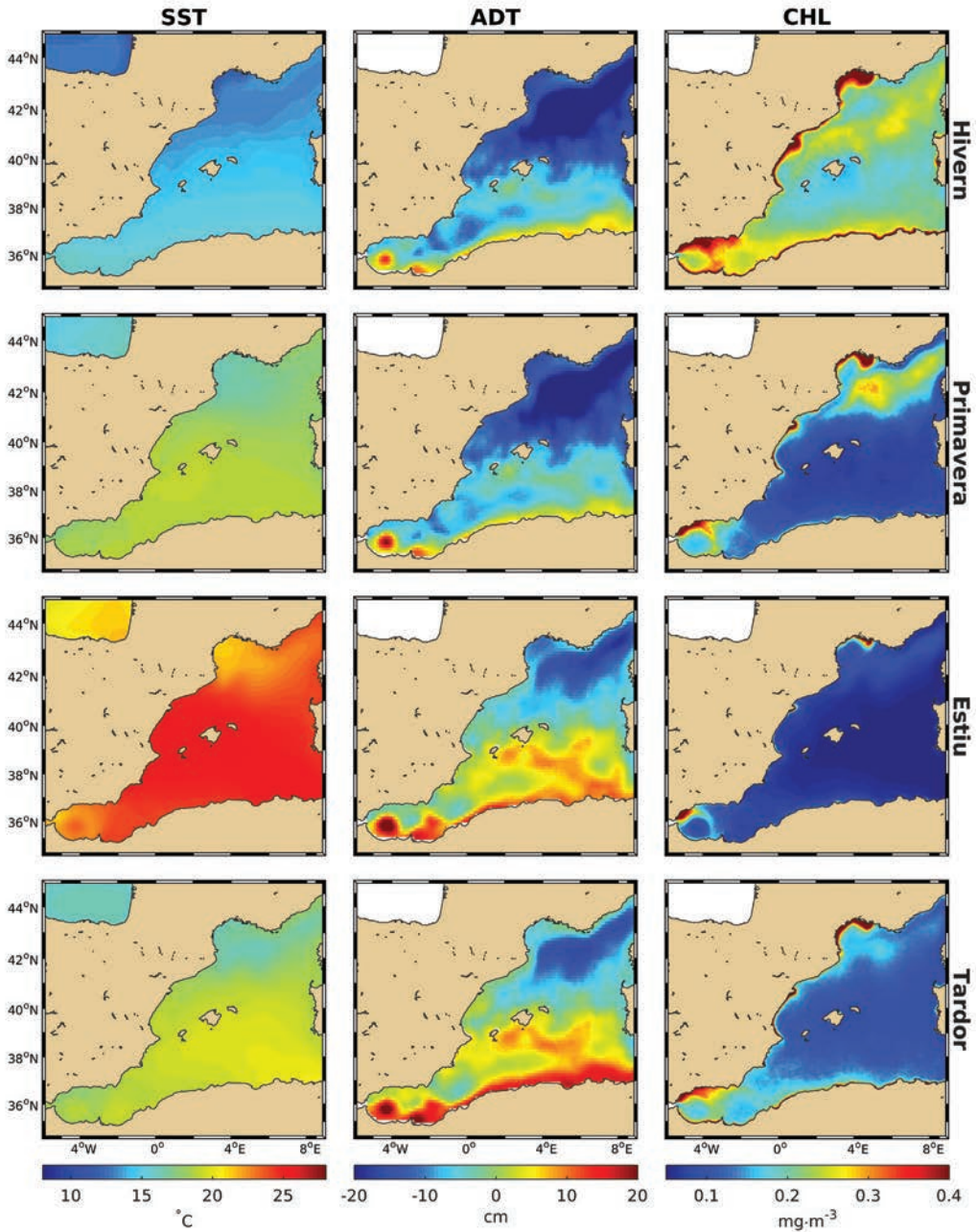


Figura 5 Climatologies estacionals obtingudes a partir de dades de satèl·lit. Columna esquerra: temperatura superficial de la mar ($^{\circ}\text{C}$), a partir de dades del període 1985-2016; columna central: anomalia de nivell de la mar (cm), a partir de dades del període 1993-2016; columna dreta: clorofil·la ($\text{mg}\cdot\text{m}^3$), a partir de dades del període 1997-2015. Els mapes de cada fila corresponen a les distintes estacions de l'any; de dalt a baix: hivern, primavera, estiu i tardor.

Per completar la visió que ens aporten les dades de satèl·lit es presenten també els camps mitjans de temperatura i salinitat a distintes fondàries, que són part d'un nou producte hidrogràfic per a la Mediterrània (Jordà *et al.*, en preparació). En aquest cas no interessa tant analitzar les variacions estacionals, que en fondària són molt menys marcades que en superfície. A 100 m (Fig. 6, fila

superior) el camp de temperatura mostra un patró semblant al de nivell de la mar (Fig. 5), malgrat el primer sigui més suau que el segon degut al processat aplicat per crear el producte. Es pot veure un màxim de temperatura al llarg de la costa africana lligat amb l'entrada d'aigües Atlàntiques, més calentes de mitjana que les aigües Mediterrànies residents (-15°C i 13°C , respectivament). Aquestes aigües són exportades mitjançant remolins de mesoescala cap a latituds més altes (Millot *et al.*, 1999) arribant aproximadament fins als 40°N . El mínim de temperatura es troba a la part nord, a mar obert, i està relacionat amb les aigües residents més antigues que han anat refredant-se al llarg dels anys. El camp de salinitat a 100 m mostra una imatge anàloga, on les aigües provinents de l'Atlàntic tenen baixa salinitat (< 37) i les aigües residents salinitats més altes (fins a valors majors de 38.5). A 300 i 600 m (Fig. 6, files central i inferior), les imatges són molt semblants i significativament diferents, respectivament, a les de la capa superior. Primer de tot cal destacar que les variacions espacials de temperatura i salinitat són molt més petites (les barres de colors de la Fig. 6 són de només 0.7°C a 300 i 600 m, mentre que és de 2°C a 100 m; en salinitat, les barres són de $0.3/0.2$ a 300/600 m i de 2 a 100 m). Això és degut a que aquestes aigües estan menys exposades als efectes atmosfèrics i a l'entrada d'aigua Atlàntica, de tal manera que els canvis són molt més lents i els gradients espacials es suavitzen poc a poc per processos difusius. Apart d'això, tan a aigües intermèdies com fondes es veu un patró molt semblant, amb aigües més calentes i salades a la vora de Còrsega i Sardenya. Es tracta de LIW formada a la conca Llevantina, tal i com ja s'ha explicat en dibuixar el marc regional de masses d'aigua.

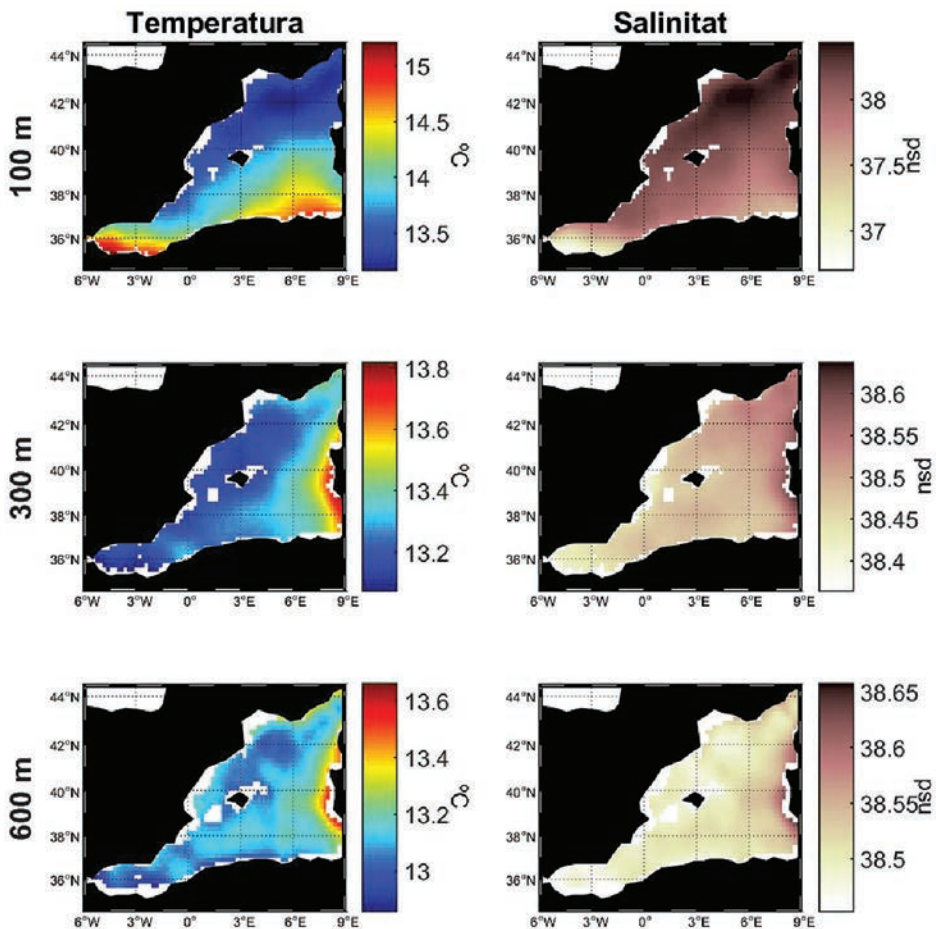


Figura 6 Climatologies de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) i salinitat a distintes fondàries obtingudes a partir de totes les observacions disponibles durant els períodes que es detallen a la Fig. 5. [Versió adaptada d'una figura de Jordà *et al.*, (en preparació)].

ESCALA LOCAL

A partir de les dades de satèl·lit es poden analitzar també les variacions estacionals de la temperatura superficial a l'entorn de Cabrera (Fig. 7, gràfic superior). El valor mitjà és de 19.5°C i les variacions típiques entre estiu i hivern són de més de 10 °C, amb un mínim de 14°C per febrer-març i un màxim de 26°C durant l'agost. Cal recordar que això són valors mitjans mensuals, i que en determinats anys els valors mensuals poden diferir significativament de la seva mitjana; així per exemple, l'any 2003 la mitjana del mes d'agost va ser de 29°C, mentre que el 2005 la mitjana de febrer va ser de 12.5°C. Més encara, durant situacions particulars que poden durar uns pocs dies (ones de calor o de fred), les temperatures poden ser significativament superiors o inferiors a la seva mitjana mensual.

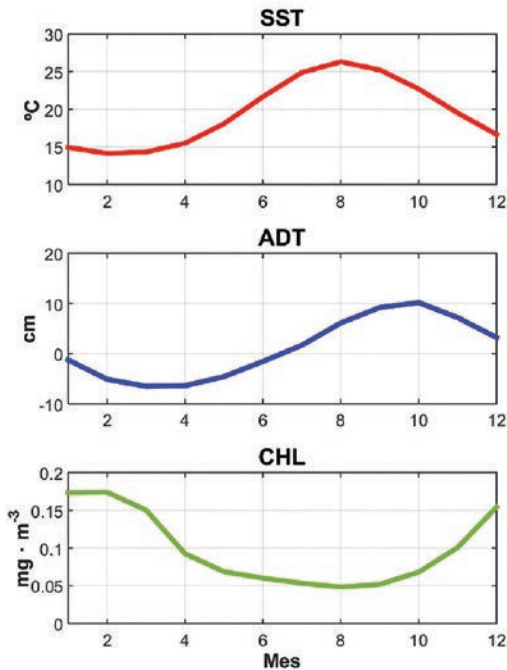


Figura 7 Cicles estacionals de distintes variables obtinguts a partir de dades de satèl·lit a un punt prop de Cabrera. Gràfic superior: temperatura superficial de la mar (°C); gràfic central: anomalia de nivell de la mar (cm); gràfic inferior: clorofil·la (mg/m^3). Els períodes que abasten cada tipus de dada són els de la Fig. 5.

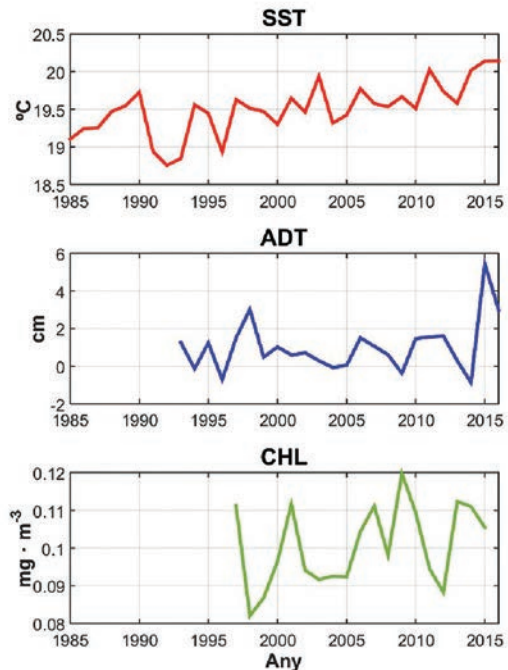


Figura 8 Variabilitat interanual de distintes variables obtinguda a partir de dades de satèl·lit a un punt prop de Cabrera. Gràfic superior: temperatura superficial de la mar (°C); gràfic central: anomalia de nivell de la mar (cm); gràfic inferior: clorofil·la (mg/m^3).

Pel que fa a les variacions espacials al voltant de Cabrera, les diferències observades en temperatura són molt petites ($< 0.1^\circ\text{C}$) tan a l'hivern com a l'estiu. Pel que fa a les variacions interanuals (Fig. 8, gràfic superior), la mitjana anual pot variar 1°C d'un any per l'altre. Els anys més freds (des que hi ha mesures de satèl·lit) van ser 1991-1993 (mitjana anual de 18.7°C) i els més calents van ser 2014-2016 (mitjana anual de 20.1°C). De fet, les sèries interanuals mostren clarament una tendència a l'escalfament de les aigües superficials de Cabrera que és de l'ordre de 0.25°C per dècada. És a dir, des que hi ha registres satèl·litals (els darrers 22 anys) la temperatura ha pujat 0.5°C . Per posar aquest augment en context cal tenir en compte que l'estiu de 2003, que va ser extremadament calorós i va tenir greus impactes sobre els ecosistemes marins (veure p.e. Marbà i Duarte, 2010) la temperatura va ser $2.5\text{-}3^\circ\text{C}$ més alta que la mitjana.

Les dades d'altimetria obtingudes al voltant de Cabrera mostren també un cicle estacional de nivell de la mar, amb una diferència entre el màxim i el mínim de 17 cm (Fig. 7, gràfic central). El mínim es dona el mes de març, i el màxim el mes d'octubre. Les dades altimètriques no són prou fines com per apreciar diferències entre distintes zones al voltant de l'illa. Pel que fa a les variacions interanuals de nivell de la mar (Fig. 8, gràfic central) es veu que d'un any per altre el nivell mitjà pot variar fins a 6 cm, encara que típicament no varia més de 2-3 cm. El màxim de nivell mitjà anual es va registrar el 2015, associat a un canvi en el règim de vents a la zona Atlàntica que va fer entrar a la Mediterrània més aigua del que és habitual (Jordà *et al.*, 2017a). Pel que fa a les tendències a llarg termini, malgrat es sap que la Mediterrània està experimentant una pujada del nivell mitjà (Calafat i Jordà, 2011), les dades d'altimetria són massa curtes com per poder quantificar la pujada al voltant de Cabrera. Cal remarcar que les mesures d'altimetria no representen tota la variabilitat del nivell de la mar. Degut al processat que es fa per augmentar la qualitat de les observacions es filtren els processos d'alta freqüència (grosso modo aquells que duren menys d'un mes). Les marees (poc importants a aquesta zona), el vent i la pressió atmosfèrica també poden fer variar localment el nivell de la mar fins a 30 cm d'un dia per l'altre. Si es tinguessin en compte aquests processos la diferència entre el màxim i el mínim de nivell de la mar arribaria a ser de 80 cm. Malauradament no es disposa de mareògrafs que mesurin el nivell de la mar a Cabrera i no podem fer una caracterització acurada dels processos locals.

Pel que fa a la clorofil·la en superfície el valor mitjà al voltant de Cabrera és de 0.1 mg/m^3 , amb diferències entre la part nord i sud de l'illa menors de 0.02 mg/m^3 . També s'observa un marcat cicle estacional, amb un valor mitjà d'hivern que arriba als 0.18 mg/m^3 i un mínim durant l'estiu de l'ordre de 0.05 mg/m^3 (Fig. 7, gràfic inferior). Ara bé, en aquest cas les variacions mensuals que no estan associades al cicle estacional són molt importants. El màxim anual no sempre cau el mateix mes, per exemple, i molts d'anys la mitjana d'hivern arriba a $0.2\text{-}0.3 \text{ mg/m}^3$ (el 2001 i el 2009 fins i tot es van superar els 0.4 mg/m^3). En canvi les variacions interanuals són relativament petites, de 0.01 mg/m^3 , i de les dades observades no s'aprecia cap tendència a llarg termini.

Pel que fa a les ones, les boies més properes a Cabrera són massa llunyanes com per caracteritzar el seu règim d'onatge de manera acurada (veure Fig. 2). Aquest s'ha d'obtenir per tant de simulacions numèriques com per exemple els retroanàlisis que duu a terme de manera operacional Puertos del Estado (<http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>). Aquestes simulacions han demostrat ser de gran fiabilitat quan es comparen amb observacions in situ, i per tant permeten caracteritzar de forma fiable l'onatge de la zona de Cabrera. La Fig. 9 mostra que la major part del temps les ones són petites: un 75% del temps no superen el metre d'altura significativa. Entre els mesos de novembre i març és quan es concentren els valors més alts, causats per tempestes sobre la mar. La major part d'aquestes tempestes es produeixen enfora de Cabrera i per tant el que arriba a l'illa és mar de fons, amb períodes d'ona llargs (8-10 s). Durant temporals especialment forts l'onatge a la zona ha arribat a superar els 6 m d'altura, i cada any es registren tempestes durant les quals es superen els 4-5 m (Fig. 9, gràfic superior). La direcció de l'onatge canvia al llarg de l'any (Fig. 9, gràfics inferiors): a l'hivern les ones provenen sobre tot de l'oest i sud-oest, mentre que a l'estiu el poc onatge que hi ha prové de l'est i sud-est. Durant la primavera i la tardor els dos règims coexisteixen en una proporció similar. Cal destacar que degut a l'efecte d'apantallament de l'illa de Mallorca, l'onatge del nord i nord-oest, els més intensos i freqüents en el conjunt del Mar Balear, no tenen un impacte significatiu a la zona de Cabrera.

Pel que fa a les dades 'in-situ', els valors mitjans i la variabilitat estacional dels principals paràmetres hidrogràfics de les Illes Balears s'han descrit en un marc més general a Manca *et al.*, (2004), utilitzant la base de dades MEDAR-MEDATLAS. També els han descrit Vargas-Yáñez *et al.*, (2007), Balbín *et al.*, (2012a) i Vargas-Yáñez *et al.*, (2017) a partir de la base de dades IBAMar (Aparicio-González *et al.*, 2015). El que es presenta a continuació és una anàlisi particularitzada per a l'arxipèlag de Cabrera.

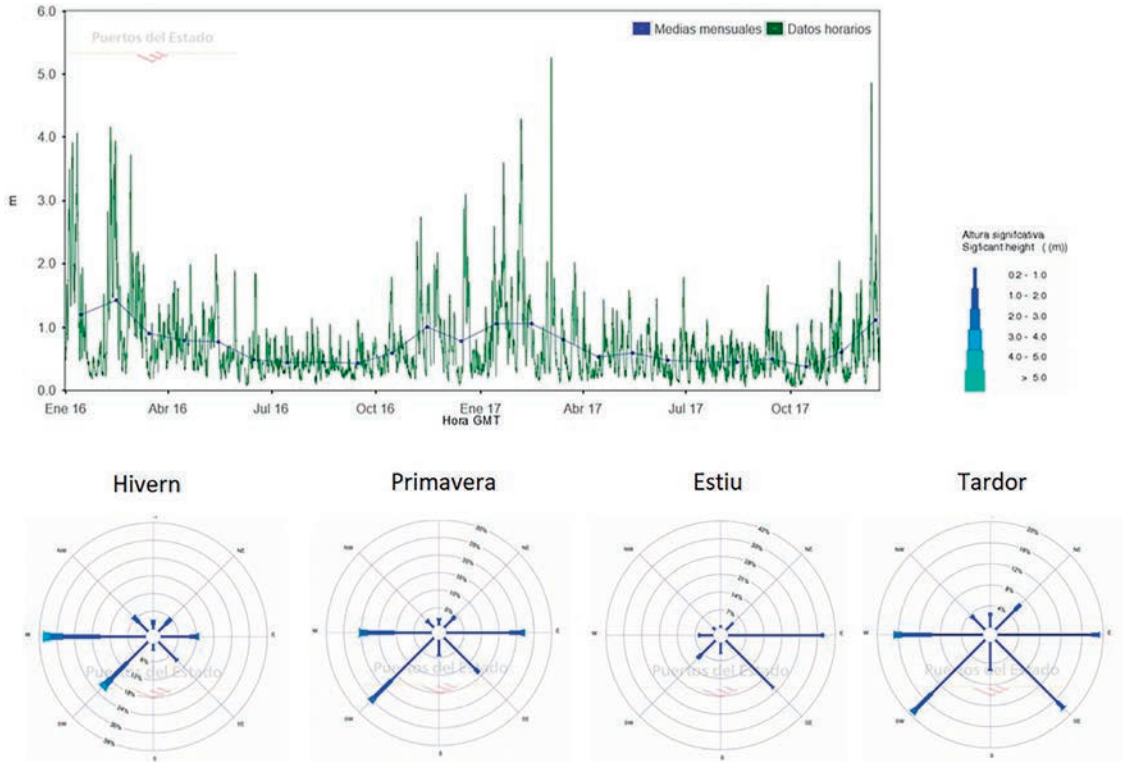


Figura 9 Gràfic superior: sèrie temporal d'altura significativa d'onatge durant els anys 2016-2017; en verd es representen les dades horàries i en blau les mitjanes mensuals. Gràfics inferiors: roses d'onatge, que indiquen la freqüència i la direcció de procedència de l'onatge per a cadascuna de les estacions de l'any. Les dades i les figures s'han obtingut del sistema de predicció i retroanàlisi d'onatge de Puertos del Estado.

La Fig. 10 mostra la variabilitat estacional de la temperatura, salinitat, fluorescència (un altre indicador de la presència de clorofil·la) i oxigen dissolt de l'AW que es troba als voltants de Cabrera. Les dades s'han obtingut a l'estació RADMED 66 situada prop de l'illa (veure Fig. 2a). La temperatura mostra molt clarament l'evolució de la termoclina d'estiu. La salinitat no presenta un patró estacional clar, perquè la posició del front que separa AW recent de l'AW resident varia d'un any per l'altre, tal i com s'explicarà després. L'oxigen dissolt i la fluorescència mostren l'evolució estacional de l'oxigen d'origen biològic. És interessant conèixer el calendari i el progrés de l'oxigen dissolt d'origen biològic, perquè el seu cicle anual és un mode de variabilitat dominant en la biologia i la química de l'oceà. Les dades de fluorescència ajuden a visualitzar el cicle estacional de la capa fòtica, dominat per la radiació solar que penetra a través la superfície; això fa que el màxim es trobi els primers mesos de l'estiu i el mínim a l'hivern. El senyal de fluorescència comença a estar ben definit a principis de primavera, quan ocupa tota la capa fòtica. El senyal incrementa la seva fondària durant la primavera i principis de l'estiu, mentre que es fa més somer a finals d'estiu i tardor. Al voltant del mes d'abril la fluorescència superficial s'esvaeix, probablement a causa de l'esgotament dels nutrients superficials, i apareix un intens màxim subsuperficial. Les dades d'oxigen mostren que a la capa de mescla les concentracions s'aproximen a la saturació. De fet, a l'estiu, quan la producció neta de la comunitat és més alta, s'observa sobresaturació. A les aigües situades per davall de la capa de mescla, l'oxigen produït per fotosíntesi no pot fugir cap a la atmosfera degut a la forta estratificació de la termoclina estacional. Això dona com a resultat la sobresaturació d'oxigen subsuperficial observada entre juny i octubre. La sobresaturació desapareix quan el forçament atmosfèric hivernal romp l'estratificació i aprofundeix la capa de mescla, donant lloc a concentracions d'oxigen properes a la saturació. A la columna d'aigua el màxim d'oxigen sempre s'observa lleugerament per sobre del màxim de fluorescència subsuperficial. Eventualment s'observa també un increment d'oxigen dissolt a finals d'hivern i començament de primavera, que té a veure amb l'arribada a la zona de WIW formada recentment (i per tant més oxigenada).

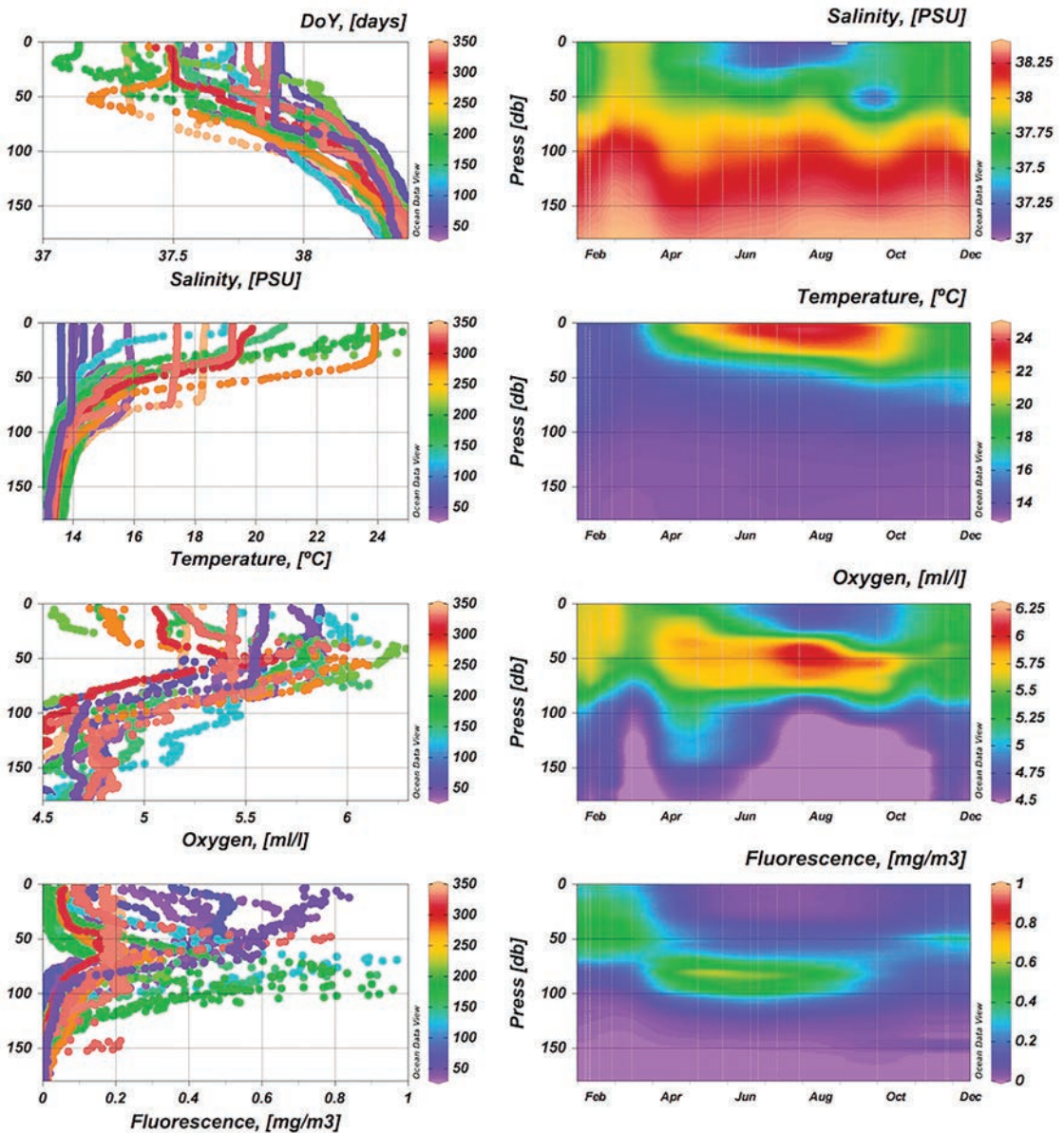


Figura 10 Variabilitat estacional de la temperatura (°C), salinitat, fluorescència/clorofil·la (mg/m³) i oxigen dissolt (ml/l) a la capa superior de la columna d'aigua. Les observacions s'han obtingut entre 2014 i 2017 a l'estació RADMED 66, situada prop de Cabrera (veure Fig. 2a). La variabilitat estacional s'il·lustra de dues maneres: mitjançant els perfils discrets recollits en diferents dies de l'any (DoY, panells de l'esquerra), i mitjançant una interpolació continua en el temps (panells de la dreta).

La Fig. 11 mostra la variabilitat interanual de la temperatura, salinitat, fluorescència i oxigen dissolt de l'AW que es troba als voltants de Cabrera; en aquest cas s'han obtingut a partir de dades de l'estació RADMED 66 i també d'algunes dades de les campanyes TUNIBAL recollides a la mateixa posició. La sèrie és massa curta com per parlar d'oscil·lacions decadal i manco encara de tendències (a la Figura es representa només el període 2014-17 per motius de claredat), però sí permet fer un parell d'observacions interessants. I és que mentre la temperatura mostra un cicle estacional regular (examinat a la Fig. 10), la salinitat presenta molta més variabilitat d'un any per l'altre, depenent de la posició del front de salinitat a finals de primavera i principis d'estiu. El màxim

profund de clorofil·la (reflectit en el màxim subsuperficial de fluorescència) té una estructura espacial de molt petita escala, i per tant els valors màxims anuals representats a la figura depenen molt de la localització d'aquestes petites estructures respecte del punt de mostreig. Això fa que la variabilitat interanual que es pot observar en una ubicació determinada (en aquest cas a l'estació 66) no aportï informació acurada sobre la variabilitat interanual real en l'entorn. De la mateixa manera, a aquestes profunditats l'oxigen dissolt en primavera i estiu està bàsicament determinat per la producció biològica, mentre que a l'hivern la seva concentració és homogènia a tota la capa de mescla i ve determinada per la solubilitat de l'oxigen en equilibri amb l'atmosfera.

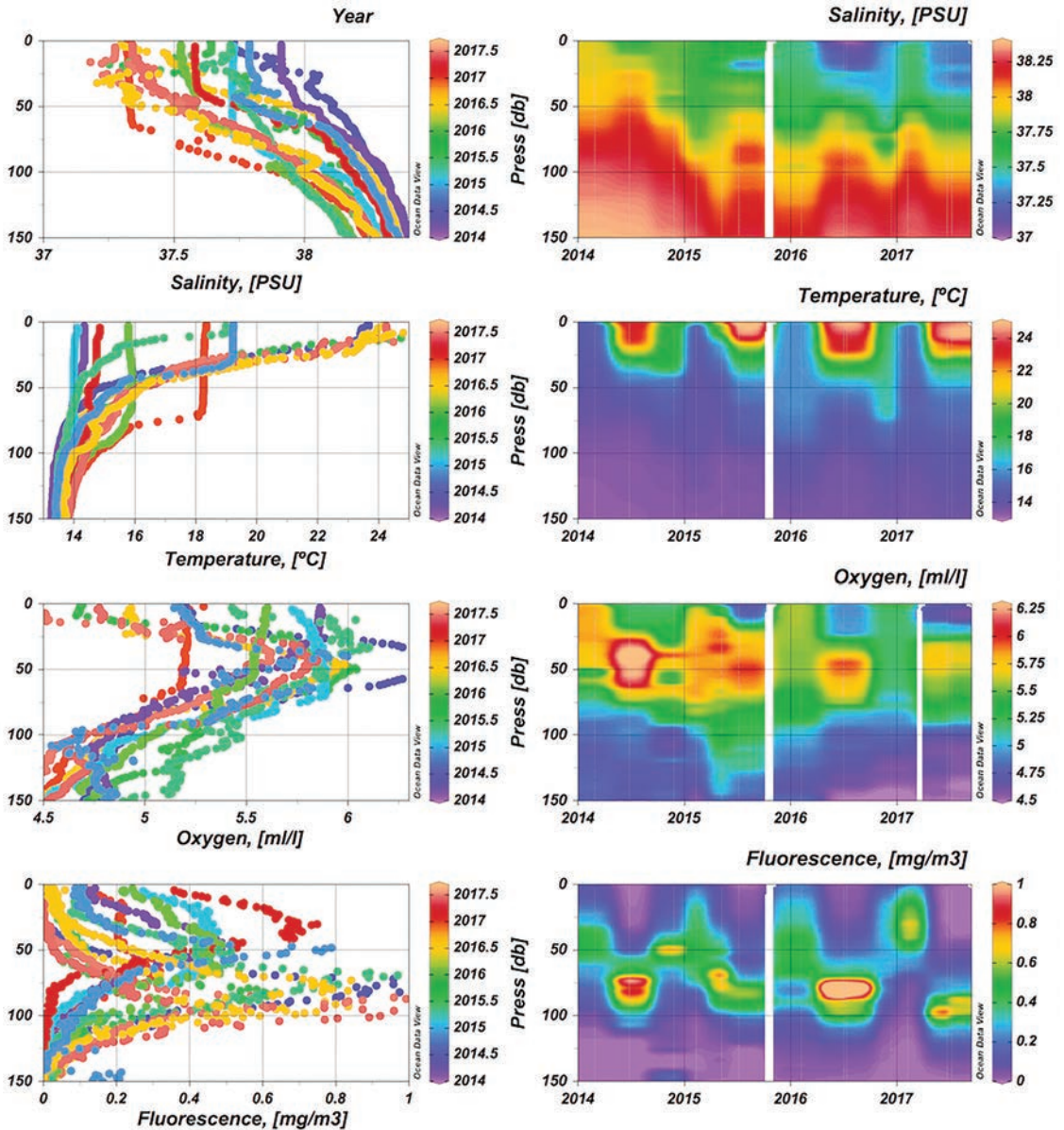


Figura 11 Variabilitat interanual de la temperatura (°C), salinitat, fluorescència/clorofil·la (mg/m³) i oxigen dissolt (ml/l) a la capa superior de la columna d'aigua. Les observacions s'han obtingut entre 2014 i 2017 a l'estació RADMED 66, situada prop de Cabrera (veure Fig. 2a). La variabilitat interanual s'il·lustra de dues maneres: mitjançant els perfils discrets recollits en diferents anys (panells de l'esquerra) i mitjançant una interpolació contínua en el temps (panells de la dreta).

Per completar l'anàlisi de les dades de l'estació 66 es mostren també dades d'un entorn més gran obtingudes durant les campanyes TUNIBAL que es van dur a terme cada any del 2001 al 2005 i després el 2012. Les Figures 12a i 12b mostren la salinitat a 35 m de fondària i l'altura dinàmica també a 35 m (prenent com a nivell de referència 60 m); de l'altura dinàmica se n'han deduït els corrents geostrofics associats. La Fig. 12c mostra la clorofil·la-a superficial durant les dates de les campanyes; en aquesta regió i durant els mesos d'estiu a la clorofil·la- α se la relaciona amb AW resident degut als nutrients provinents de les descàrregues de rius que rep aquesta massa d'aigua en el seu períple per totes les costes de la conca (Bethoux, 1989). El que mostren aquestes figures es resumeix a continuació; una descripció més detallada es pot trobar a Balbín *et al.*, (2014).

Durant la campanya del 2001 la regió estava dominada per una entrada d'AW recent i per tant de salinitat baixa que es va estendre cap al nord a través del Canal d'Eivissa, mentre l'àrea més septentrional del mar Balear estava ocupada per AW resident (Fig. 12a). La confluència de les dues masses d'aigua es detecta com un front de salinitat que separa les aigües més salines (al nord) de les menys salines (al sud). Associat al front es pot observar un corrent geostrofic intens (-40 cm/s) que s'estén del nord d'Eivissa fins al sud-est de Menorca, fent meandres (Fig. 12b). Aquest corrent incideix sobre Cabrera com un corrent del oest - nord-oest que duu AW recent a la zona occidental de l'arxipèlag, mentre que la zona oriental roman sota la influència d'AW resident. Al juny de 2002, pel contra, la major part de la zona estava ocupada per AW resident (Fig. 12a), sense transport d'AW recent a través dels canals excepte algunes intrusions menors entre les illes de Cabrera i Menorca. Aquell any, per tant, tota Cabrera estava sota la influència d'AW resident i no hi havia cap corrent dominant en el seu entorn. Una situació pareguda es va viure el 2003, amb la major part de l'arxipèlag Balear sota la influència d'AW resident; en aquest cas l'AW recent es va situar al sud d'Eivissa i només es van observar petites intrusions cap al nord al canal d'Eivissa. Al sud del front de salinitat es van formar dos remolins anticiclònics intensos, mentre el corrent associat al front es localitzava al llarg del paral·lel 38.5° N (Fig. 12b). El juny de 2004 l'AW resident ocupava la part occidental i septentrional de l'àrea d'interès; en aquest cas la característica hidrogràfica més important va ser la presència de mescla d'AW recent i AW resident al sud de Mallorca i Menorca. Pel que fa a Cabrera, el juny de 2004 va rebre AW resident des de l'oest (Fig. 12b), mentre l'AW recent es situava a l'est de l'illa. El juny de 2005, l'AW recent va ocupar la part sud-oest de l'àrea d'estudi, incloent els canals d'Eivissa i Mallorca, mentre l'AW resident va ocupar la part oriental. Aquell any el front que separa les dues masses d'aigua va descriure meandres entre Eivissa i Mallorca, tombant després cap a la conca algeriana. Finalment, el juny de 2012 tota l'àrea va tornar a ser ocupada per AW resident i el front de salinitat es va situar en el límit meridional del domini. El límit septentrional del front va estar associat a un corrent geostrofic en direcció est. En aquestes condicions l'arxipèlag de Cabrera es va trobar majoritàriament sota la influència d'AW resident, però rebent AW recent des del sud-oest.

La conclusió fonamental que es pot extreure de les Figures 11 i 12 és que la variabilitat interanual local en el cas de Cabrera està del tot lligada a la posició del front de salinitat en primavera i estiu. Aquest front, que separa l'AW recent de l'AW resident determina les condicions mediambientals fonamentals a que es veuen exposats els ecosistemes de l'illa (AW recent ó AW resident) al llarg de l'any. I si una cosa mostren les figures és que no hi ha dos anys iguals.

Finalment, es mostren les sèries obtingudes a la mateixa illa de Cabrera. La Fig. 13 mostra sèries temporals de temperatura mitjana mensual registrada a diferents nivells entre 10 i 40 m des de 2009 a 2017 a Na Foradada. De finals de novembre a març, la temperatura és gaire be la mateixa a totes les fondàries, a conseqüència de l'homogeneització hivernal de la columna d'aigua. Els valors mínims s'assoleixen cada any entre febrer i març a totes les fondàries, variant entre 13.8 i 14.9°C a 10 m i entre 13.8 i 14.8°C a 40 m. Les variacions interanuals de les temperatures mensuals mínimes són petites (de l'ordre de 1°C), tot i que hi ha un fet destacable, i és que han pujat paulatinament durant el període mostrejat. Així per exemple, a partir de 2016 la temperatura mensual mínima no ha baixat dels 14°C a cap de les fondàries mostrejades.

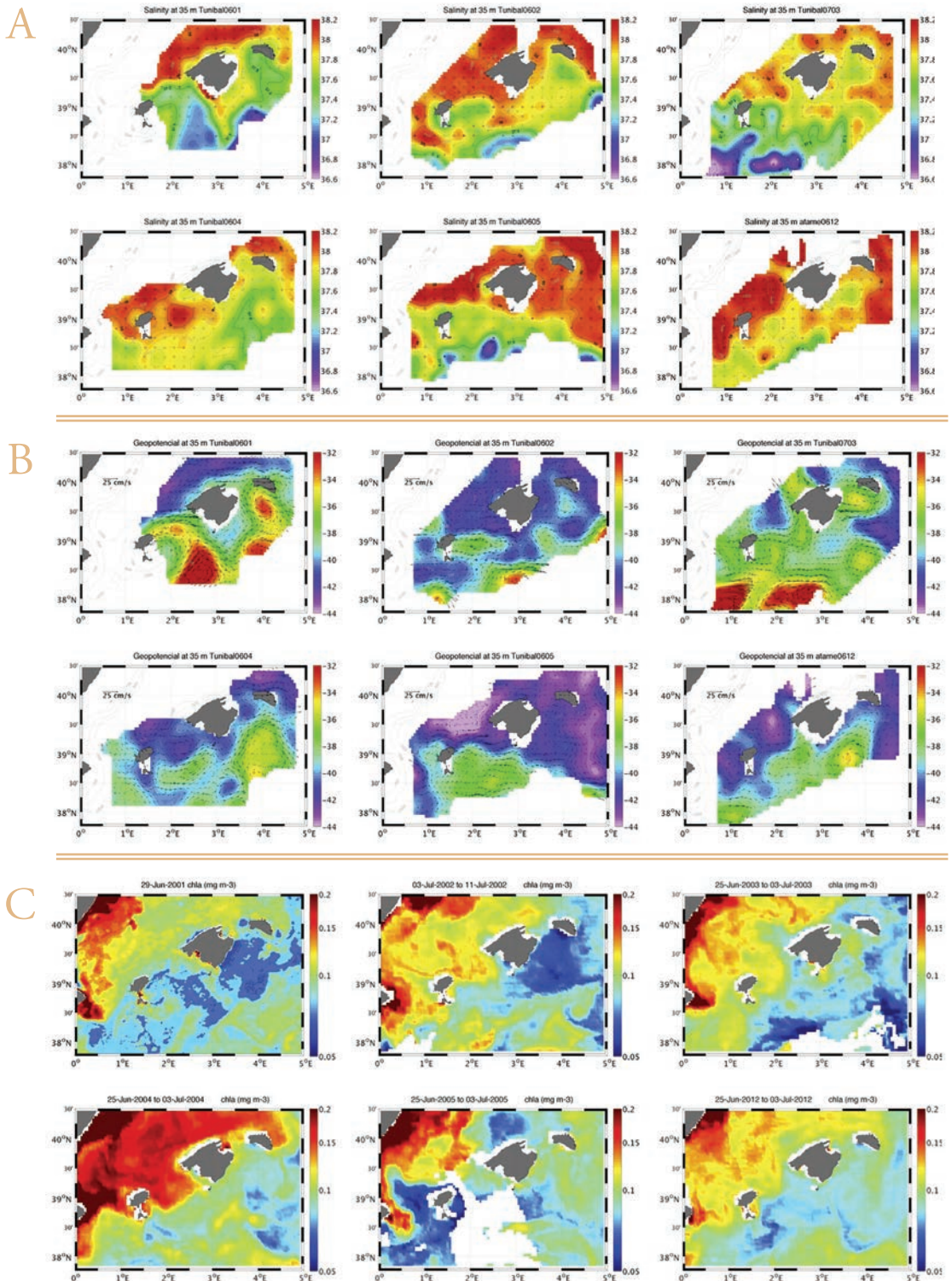


Figura 12 Mapes de salinitat (a) i altura dinàmica (referida a 600 m) (b) a 35 m de fondària obtinguts durant les campanyes TUNIBAL dutes a terme anualment entre el 2001 i el 2005 i després el 2012. L'indicatiu que es mostra a cada mapa està format pel nom de la campanya seguit del mes (06=juny, 07=juliol) i l'any (01 a 05 i 12) en que va començar cadascuna d'elles. Amb l'altura dinàmica es mostren també els corrents geotròfics associats. En els sis darrers panells (c) es mostra mostra la clorofil·la superficial mesurada des de satèl·lit (MODIS Aqua) a les mateixes dates de les campanyes.

A partir de març la columna d'aigua comença a estratificar-se, arribant a la màxima estratificació (deguda a la màxima diferència de temperatura entre nivells) en els mesos d'estiu. La màxima diferència de temperatura entre els 10 i 40 m oscil·la entre els 4°C de 2016 i els gaire bé 8°C de 2014. Pel que fa als valors mensuals màxims, s'assoleixen entre els mesos d'agost i setembre entre 10 i 25 m, normalment per setembre a 30 m i per octubre a 40 m. Els valors mensuals màxims oscil·len entre 25.9 y 27.5°C a 10 m i entre 19.2 i 23.3°C a 40 m; és a dir, les variacions interanuals són de l'ordre de 1.5°C als nivells superiors i de gaire bé 4°C a 30 i 40 m. A aquestes fondàries la temperatura mitjana mensual va assolir els valors màxims (de l'ordre de 23°C) el 2011 i el 2016. Pel que fa a màxims absoluts només s'han superat els 28°C el 2015 (a 10 m). Pel que fa a temperatures mitjanes diàries, no han baixat mai dels 14°C des de 2016 a cap de les fondàries mostrejades. La Taula II recull diversos paràmetres estadístics, com el percentatge de dies per any i fondària en que la temperatura ha estat superior a 23°C, 25°C i 27°C (valors llindars relacionats amb observacions de mortalitat massiva d'algunes espècies).

Taula II. Percentatge de dies (per a diferents anys i fondàries) en que la temperatura ha estat superior a 23°C, 25°C i 27°C (valors llindars relacionats amb successos de mortalitat massiva de distintes espècies). Les dades provenen de les sèries temporals recollides a Na Foradada.

>23°C	10m	20m	25m	30m	40m
2009					
2010	29.0	24.1	20.3	15.3	0.0
2011	34.8	32.6	26.0	20.0	7.1
2012					
2013	32.9	26.6	18.1	7.4	0.0
2014	35.9	26.3	20.3	6.0	0.0
2015	31.5	28.2	20.5	4.1	0.0
2016	34.5	32.5	29.7	22.3	1.7
2017	44.2	36.0	31.4	20.5	0.0
>25°C					
2009					
2010	21.1	15.9	11.5	1.4	0.0
2011	23.3	17.3	15.3	7.4	0.0
2012					
2013	21.1	12.9	6.8	0.8	0.0
2014	20.8	13.4	6.6	0.0	0.0
2015	20.8	14.5	4.7	0.0	0.0
2016	22.0	18.1	16.7	7.9	0.0
2017	24.4	20.5	14.9	5.3	0.0
> 27°C					
2009					
2010	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2011	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2012					
2013	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	12.9	4.9	0.0	0.0	0.0
2016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	8.9	4.3	2.3	0.0	0.0

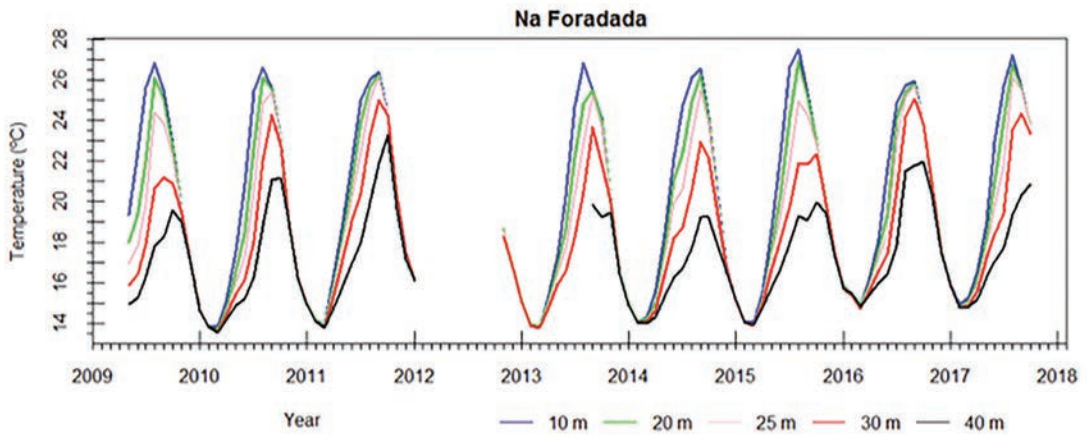
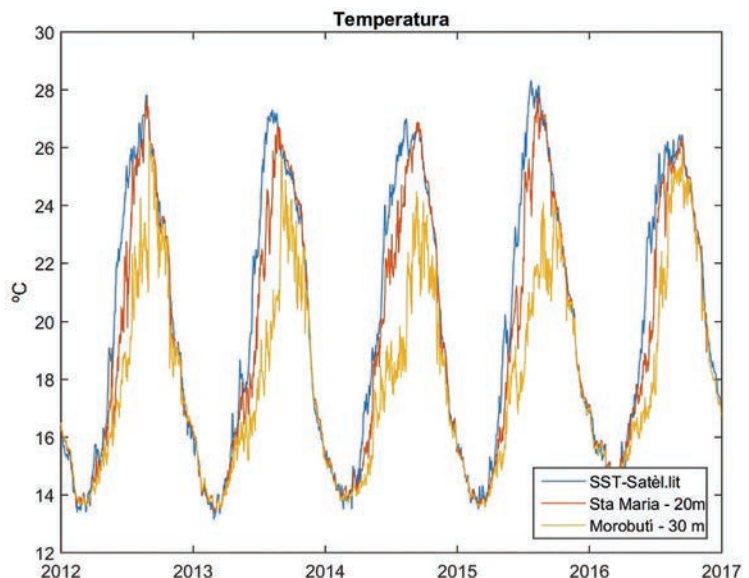


Figura 13 Sèries temporals de temperatura mitjana mensual (°C) registrada a diferents fondàries entre 10 i 40 m entre 2009 i 2017 a Na Foradada. Dades recollides pel Centre Oceanogràfic de Balears de l'IEO en el marc del projecte EPIMHAR i com a node de la xarxa T-MedNet.

Les sèries temporals de Cala Santa Maria (20 m fondària) i de Morabatí (30 m fondària) mostren resultats similars. Si les comparem a més amb les dades de temperatura superficial obtingudes a partir de satèl·lit (Fig. 14) es veu com el mes de març comença l'estratificació. Així, a principis d'agost el màxim anual es troba en superfície, però per setembre les temperatures superficials i les obtingudes a 20 m s'equiparen a Santa Maria. A Morabatí, a 30 m de fondària, també s'arriba al màxim anual a finals d'agost, però les temperatures són 2-3°C més baixes que a Santa Maria a 20 m. A partir d'octubre-novembre l'homogeneització de la columna d'aigua arriba als 30 m i es manté fins la primavera següent. Igual que a Na Foradada, també s'aprecia una pujada progressiva del mínim anual, però la durada de la sèrie és massa curta com per extreure'n conclusions sobre tendències a llarg termini. Addicionalment aquestes sèries ens aporten altres informacions interessants: primer, que les variacions de temperatura en un mateix dia poden arribar a ser de 5°C a 20 m de fondària (Santa Maria) i de ~7-8°C a 30 m (Morabatí). Aquestes variacions són màximes durant l'estiu i molt més petites (màxim de 0,5-1°) durant l'hivern. Un segon aspecte a remarcar són les diferències entre les sèries de Santa Maria i Morabatí: malgrat la seva proximitat les diferències són de 2 i 3 °C. El fet de tractar-se de dades obtingudes a fondàries diferents no basta per explicar la magnitud d'aquestes diferències, que probablement siguin degudes a fenòmens de petita escala poc estudiats.

Figura 14 Sèries de temperatura (°C) a Cala Santa Maria (20 m) i Cap de Morabatí (30 m). Dades recollides pel Centre Oceanogràfic de Balears de l'IEO en el marc del projecte PINNA. També s'han inclòs dades de temperatura superficial de satèl·lit.



FUTUR OCEANOGRÀFIC DE CABRERA

A dia d'avui no s'ha fet cap estudi específic sobre l'impacte del canvi climàtic a l'entorn marí de Cabrera, però s'espera que l'evolució en aquesta zona no difereixi molt del que passarà a la resta de les illes Balears. Pel que fa al nivell de la mar, per exemple, s'espera una pujada generalitzada a tota la Mediterrània, fruit principalment de la fusió de gel continental i de l'expansió tèrmica deguda a l'escalfament de l'aigua. Els estudis més recents (p.e. Jordà i Gomis, en preparació) mostren que la Mediterrània seguirà essencialment l'evolució de l'Atlàntic NE, i que els canvis que allà es produeixen es propagaran cap a dintre de la conca. Segons els diferents escenaris d'emissions de gasos d'efecte hivernacle les projeccions per a finals del segle XXI mostren pujades que van dels 40 cm en un escenari optimista fins als 80 cm en un escenari on a les properes dècades continuen augmentant les emissions de gasos. A l'entorn concret de les Balears els models mostren que el nivell podria augmentar 5-10 cm més que la mitjana degut a canvis en la circulació. Finalment cal indicar que aquesta seria la pujada del nivell mitjà, i que a sobre s'hi superposaria la variabilitat típica derivada del vent i la pressió atmosfèrica.

Sobre les tempestes marines els estudis existents no indiquen massa canvis; l'escalfament global tindria un efecte moderat sobre el règim de vents i onatge de la Mediterrània Occidental, amb canvis menors del 10 % tant en el règim mitjà com en els successos extrems (Lionello *et al.*, 2008; Jordà *et al.*, 2012a; Casas-Prat i Sierra, 2013; Conte i Lionello, 2013). El vent i onatge a la Mediterrània Occidental estan molt determinats per les rutes de les borrasques que venen de l'Atlàntic, i a dia d'avui no hi ha conclusions clares sobre si l'escalfament global modificarà substancialment o no aquestes borrasques i les seves rutes. Hi ha un cert consens en que hi haurà una lleugera disminució en el nombre de ciclons, però pot ser hi hagi també un lleuger increment en la seva intensitat (Pinto *et al.*, 2007).

Pel que fa a la temperatura i la salinitat, l'evolució d'aquestes variables està íntimament lligada als canvis que es puguin produir en els fluxos de calor i aigua amb l'atmosfera. La majoria d'estudis projecten un augment de l'evaporació i una disminució de la precipitació, que en el marc d'un escenari moderat de concentracions de gasos d'efecte hivernacle provocaria a un augment d'entre un 20% i un 40% en la pèrdua d'aigua (Dubois *et al.*, 2012). El mateix estudi mostra també una disminució en la pèrdua de calor envers l'atmosfera, la qual cosa afavorirà l'escalfament de l'aigua. Alguns d'aquests canvis ja s'han detectat a les darreres dècades (Vargas-Yáñez *et al.*, 2010; Vargas-Yáñez *et al.*, 2017); pel que fa als canvis futurs, Adloff *et al.*, (2015) han quantificat la pujada de la temperatura superficial de l'aigua entre 1.73 i 2.97°C per al període 2070-2099 respecte a finals del segle XX. Aquesta pujada en la temperatura mitjana tindrà un efecte clar sobre les onades de calor, que s'espera que augmentin radicalment en freqüència i magnitud: d'haver-n'hi una devers cada 5 anys en l'actualitat a haver-n'hi una cada any cap a finals del segle XXI (Jordà *et al.*, 2012b). L'estudi d'Adloff *et al.*, (2015) també quantifica l'efecte dels canvis en els fluxos d'aigua sobre la salinitat, mostrant una pujada de la salinitat superficial d'entre 0.48 i 0.89 per al període 2070-2099 respecte a finals del segle XX. Si es miren els canvis sobre tota la columna d'aigua aquests seran més petits a mesura que augmenta la fondària. Així, fent la mitjana sobre tota la columna d'aigua s'esperen canvis de temperatura d'entre 0.9 i 1.3°C, i canvis en la salinitat d'entre 0.3 i 0.5 per a finals del segle XXI sota un escenari moderat d'emissions.

És d'esperar que els canvis projectats per a les variables físiques tinguin un impacte notable sobre els ecosistemes marins i sobre les infraestructures costaneres. L'augment del nivell de la mar implicarà una gran reducció de la superfície d'algunes platges (veure p.e. Enríquez *et al.*, 2017) i les infraestructures costaneres com ports i passejos seran més vulnerables a l'onatge de les tempestes. L'augment de la temperatura implicarà un augment de l'estrès sobre els ecosistemes marins (Marbà *et al.*, 2015), amb una probable substitució d'algunes espècies locals per espècies invasores. També hi ha estudis que pronostiquen una pèrdua de gran part de les praderies de Posidònia (Jordà *et al.*, 2012b).

AGRAÏMENTS

Bona part dels gràfics d'aquest capítol s'han obtingut a partir de dades recollides en el marc de diversos programes de monitoratge citats en el text. Així per exemple, una part de les dades obtingudes a Cabrera ho van ser el marc del projecte “Estado de conservación del bivalvo amenazado *Pinna nobilis* en el Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera” (IP: Dra. Salud Deudero; amb la col·laboració d'Elvira Álvarez en el treball de camp), subvencionat per el “Organismo Autónomo de Parques Nacionales” del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Ref. 024/2010). Les referències citades segur que podrien ser més nombroses, però per raons d'espai no s'han pogut posar tots els treballs que són rellevants per a aquest capítol. Finalment, s'agraeix la contribució en temps dedicat per part de personal que participa en els projectes de Pla Nacional CLIMPACT (CGL2014-54246-C2-1-R) i CLIFISH (CTM2015 66400-C3-2-R).

REFERÈNCIES

- Adloff, F., Somot, S., Sevault, F., Jordà, G., Aznar, R., Déqué, M., Herrmann, M., Marcos, M., Dubois, C., Padorno, E., Alvarez-Fanjul, E., Gomis, D., 2015. Mediterranean Sea response to climate change in an ensemble of twenty first century scenarios. *Climate Dynamics*, 45, 2775-2802. Doi:10.1007/s00382-015-2507-3.
- Alemaný, F., Quintanilla, L., Velez-Belchí, P., García, A., Cortés, D., Rodríguez, J.M., Fernández de Puelles, M.L., González-Pola, C., López-Jurado, J.L., 2010. Characterization of the spawning habitat of Atlantic bluefin tuna and related species in the Balearic Sea (western Mediterranean). *Progress in Oceanography* 86, 21–38.
- Amores, Á., 2014. *Mesoscale hydrodynamics around the Balearic Islands: spatio-temporal variability and its relation with fishing resources*. Ph.D. thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Aparicio-González, A., López-Jurado, J.L., Balbín, R., Alonso, J.C., Amengual, B., Jansá, J., García, M.C., Moyá, F., Santiago, R., Serra, M., Vargas-Yáñez, M., 2015. Ibar database: Four decades of sampling on the western mediterranean sea. *Data Science Journal* 13, 172–191.
- Astraldi, M., Gasparini, G., 1992. The seasonal characteristics of the circulation in the north mediterranean basin and their relationship with the atmospheric-climatic conditions. *Journal of Geophysical Research* 97, 9531–9540.
- Balbín, R., Aparicio, A., López-Jurado, J., Flexas, M., 2012a. Interannual variability of Dissolved Oxygen values around the Balearic Islands, in: *EGU General Assembly Conference Abstracts*, p. 7591.
- Balbín, R., Flexas, M., López-Jurado, J., Peña, M., Amores, A., Alemaný, F., 2012b. Vertical velocities and biological consequences at a front detected at the Balearic Sea. *Continental Shelf Research* 47, 28–41.
- Balbín, R., López-Jurado, J.L., Flexas, M.M., Reglero, P., Velez-Velchí, P., González-Pola, C., Rodríguez, J.M., García, A., Alemaný, F., 2014. Interannual variability of the early summer circulation around the Balearic Islands: driving factors and potential effects on the marine ecosystem. *Journal of Marine Systems* 138, 70–81.
- Ballesteros, E., Zabala, M., 1993. El bentos: el marc físic. Capítol del llibre “*Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*”, Alcover, J. A., Ballesteros, E., Fornós, J. J. (Eds.). CSIC-Ed. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2, 663-685.
- Bode, A., Lavín, A., Valdés, L., 2012. *Cambio climático y oceanográfico en el Atlántico del norte de España*. Instituto Español de Oceanografía.
- Calafat, F.M., Jordà, G., 2011. A Mediterranean sea level reconstruction (1950–2008) with error budget estimates. *Global and Planetary Change*, 79 (1–2), 118-133.
- Canals, M., Puig, P., de Madron, X., Heussner, S., Palanques, A., Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons. *Nature* 444, 354–357.
- Casas-Prat, M., Sierra, J. P., 2013. Projected future wave climate in the NW Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118(7), 3548-3568.
- Conte D., Lionello P., 2013. Characteristics of large positive and negative surges in the Mediterranean Sea and their attenuation in future climate scenarios. *Global and Planetary Change* 111, 159–173.
- Dubois C., Somot, S., Calmanti, S., Carillo, A., Déqué, M., Dell'Aquila, A., Elizalde-Arellano, A., Gualdi, S., Jacob, D., Lheveder, B., Li, L., Oddo, P., Sannino, G., Scoccimarro, E., Sevault, F., 2012. Future projections of the surface heat and water budgets of the Mediterranean sea in an ensemble of coupled atmosphere-ocean regional climate models. *Climate Dynamics*, 39(7-8), 1859-1884.
- Enriquez, A.R., Marcos, M., Alvarez-Ellacuría, A., Orfila, A., Gomis, D., 2017. Changes in beach shoreline due to sea level rise and waves under climate change scenarios: application to the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1075–1089.
- García-Ladona, E., Castellón, A., Font, J., Tintoré, J., 1996. The Balearic current and volume transports in the Balearic basin. *Oceanologica Acta* 19, 489–497.
- Good, S. A., Martin, M. J., Rayner, N. A., 2013. EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 6704-6716, doi:10.1002/2013JC009067.
- Ishii, M., Kimoto, M., 2009. Reevaluation of historical ocean heat content variations with time-varying XBT and MBT

- depth bias corrections. *Journal of Oceanography*, 65, 287–299.
- Jordà, G., Gomis, D., Alvarez-Fanjul, E., Somot, S., 2012a. Atmospheric contribution to Mediterranean and nearby Atlantic sea level variability under different climate change scenarios. *Global and Planetary Change*, 80-81, 198–214.
- Jordà, G., Marbà, N., Duarte, C., 2012b. Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. *Nature Climate Change* (11), Vol. 2, 821–824.
- Jordà, G., Gomis, D., 2013. Reliability of the steric and mass components of Mediterranean sea level as estimated from hydrographic gridded products. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3655–3660, doi:10.1002/grl.50718.
- Jordà, G., Nerem R. S., Croteau, M., Wiese, D., 2017a. Direct and indirect estimates of Mediterranean mass variability. *Geophysical Research Abstracts*, 19, EGU2017-17775-1.
- Jordà, G., Von Schuckmann, K., Josey, S.A., Caniaux, G., García-Lafuente, J., Sammartino, S., Ozsoy, E., Polcher, J., Notarstefano, G., Poulain, P.-M., Adloff, F., Salat, J., Naranjo, C., Schroeder, K., Chiggiato, J., Sannino, G., Macías, D., 2017b. The Mediterranean Sea heat and mass budgets: Estimates, uncertainties and perspectives. *Progress in Oceanography*, 156, 174–208, doi:10.1016/j.pocean.2017.07.001.
- Jordà, G., Gomis, D., en preparació. Vulnerability of marginal seas to sea level rise: The case of the Mediterranean Sea.
- Jordà, G., Houpert, L., Bosse, A., Testor, P., Llasses, J., Troupin, C, en preparació. Mapping the temperature and salinity of the Mediterranean Sea from 1950 to present. Product description and sources of uncertainty.
- Landry, M., Ohman, M., Goericke, R., Stukel, M., Barbeau, K., Bundy, R., Kahru, M., 2012. Pelagic community responses to a deep-water front in the California Current Ecosystem: overview of the A-Front study. *Journal of Plankton Research* 34, 739–748.
- Lavin, A., 2014. *The Spanish Institute of Oceanography Observing System*, in: 7th EuroGOOS conference: Operational Oceanography for Sustainable Blue Growth.
- Lionello, P., Cogo, S., Galati, M. B., Sanna, A., 2008. The Mediterranean surface wave climate inferred from future scenario simulations. *Global and Planetary Change*, 63(2), 152–162.
- López-Jurado, J.L., Balbín, R., Alemany, F., Amengual, B., Aparicio-González, A., Fernández de Puelles, M.L., García-Martínez, M.C., Gazá, M., Jansá, J., Morillas-Kieffer, A., Moyá, F., Santiago, R., Serra, M., Vargas-Yáñez, M., 2015. The radmed monitoring programme as a tool for msfd implementation: towards an ecosystem-based approach. *Ocean Science* 11, 897–908.
- López-Jurado, J.L., Marcos, M., Monserrat, S., 2008. Hydrographic conditions affecting two fishing grounds of Mallorca island (Western Mediterranean): during the IDEA Project (2003-2004). *Journal of Marine Systems* 71, 303–315.
- Manca, B., Burca, M., Giorgetti, A., Coatanoan, C., Garcia, M., Iona, A., 2004. Physical and biochemical averaged vertical profiles in the Mediterranean regions: an important tool to trace the climatology of water masses and to validate incoming data from operational oceanography. *Journal of Marine Systems* 48, 83–116.
- Marbà, N., Duarte, C., 2010. Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02130.x
- Marbà, N., Jordà, G., Agustí, S., Duarte, C.M., 2015. Footprints of climate change on Mediterranean Sea biota *Frontiers in Marine Science*, 2, 1–11. doi: 10.3389/fmars.2015.00056
- Massutí, E., Olivar, M., Monserrat, S., Rueda, L., Oliver, P., 2014. Towards understanding the influence of environmental conditions on demersal resources and ecosystems in the western mediterranean: Motivations, aims and methods of the ideados project. *Journal of Marine Systems* 138, 3–19.
- MEDAR-Group, 2002. *MEDATLAS 2002 Mediterranean and Black Sea database of temperature, salinity and biochemical parameters climatological atlas.*, in: 4 CD-ROM, European Commission Marine Science and Technology Programme (MAST). IFREMER.
- MEDOC-Group, 1970. Observation of formation of deep water in the Mediterranean Sea. *Nature* 227, 1037–1040.
- Millot, C., 1985. Some features of the algerian current. *Journal of Geophysical Research* 90, 7169–7176.
- Millot, C., 1999. Circulation in the Western Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 20, 423–442.
- Millot, C., Taupier-Letage, I., 2005. Circulation in the mediterranean sea, in: *The Mediterranean Sea*. Springer Berlin / Heidelberg. volume 5 part K of The Handbook of Environmental Chemistry, pp. 323–334.
- Monserrat, S., López-Jurado, J.L., Marcos, M., 2008. A mesoscale index to describe the regional circulation around the balearic islands. *Journal of Marine Systems* 71, 413–420.
- Pinot, J.M., Tintoré, J., López-Jurado, J.L., de Puelles, M.L.F., Jansá, J., 1995. Three-dimensional circulation of a mesoscale eddy/front system and its biological implications. *Oceanol. Acta* 18, 389–400.
- Pinto, J. G., Ulbrich, U., Leckebusch, G. C., Spangehl, T., Reyers, M., Zacharias, S., 2007. Changes in storm track and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. *Climate Dynamics*, 29(2-3), 195–210.
- Puig, P., de Madron, X.D., Salat, J., Schroeder, K., Martín, J., Karageorgis, A.P., Palanques, A., Roullier, F., Lopez-Jurado, J.L., Emelianov, M., Moutin, T., Houpert, L., 2013. Thick bottom nepheloid layers in the western Mediterranean generated by deep dense shelf water cascading. *Progress in Oceanography* 111, 1–23.
- Reglero, P., Ciannelli, L., Alvarez-Berastegui, D., Balbín, R., López-Jurado, J., Alemany, F., 2012. Geographically and environmentally driven spawning distributions of tuna species in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 463, 273–284.
- Rixen M., et al., (2005), The Western Mediterranean Deep Water: A proxy for climate change, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L12608, doi:10.1029/2005GL022702.

- Salat, J., 1995. The interaction between the Catalan and Balearic currents in the southern Catalan Sea. *Oceanologica acta* 18, 227–234.
- Schunter, C., Carreras-Carbonell, J., Macpherson, E., Tintoré, J., Vidal-Vijande, E., Pascual, A., Guidetti, P., Pascual, M., 2011. Matching genetics with oceanography: directional gene flow in a mediterranean fish species. *Molecular Ecology* 20, 5167–5181.
- Torres, A., Reglero, P., Balbín, R., Urtizberea, A., Alemany, F., 2011. Coexistence of larvae of tuna species and other fish in the surface mixed layer in the NW Mediterranean. *Journal of Plankton Research* 33, 1793–1812.
- Valdés, L., Lavín, A., Fernández de Puellas, M., Varela, M., Anadon, R., Miranda, A., Camiñas, J., Mas, J., 2002. *Spanish Ocean Observation System*. IEO Core Project: studies on time series of oceanographic data. Elsevier Oceanography Series 66, 99–105.
- Vargas-Yáñez, M., García-Martínez, M.d.C., Moya-Ruiz, F., Tel, E., Parrilla-Barrera, G., Plaza-Jorge, F., Lavín, A., 2007. *Cambio climático en el Mediterráneo español*. Instituto Español de Oceanografía.
- Vargas-Yáñez, M., Zunino, P., Benali, A., Delpy, M., Pastre, F., Moya, F., García-Martínez, M.d.C., Tel, E., 2010. How much is the western mediterranean really warming and salting? *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978–2012) 115.
- Vargas-Yáñez, M., Zunino, P., Schroeder, K., López-Jurado, J., Plaza, F., Serra, M., Castro, C., García-Martínez, M., Moya, F., Salat, J., 2012. Extreme Western Intermediate Water formation in winter 2010. *Journal of Marine Systems* 105–108, 52–59.
- Vargas-Yáñez, M., García-Martínez, M. C., Moya, F., Balbín, R., López-Jurado, J. L., Serra, M., Zunino, P., Pascual, J., Salat, J., 2017. Updating temperature and salinity mean values and trends in the Western Mediterranean: The RADMED project. *Progress in Oceanography*, 157, 27-46.
- Vives, F., 1993. Aspectes hidrogràfics i planctònics dels voltants de l'arxipèlag de Cabrera. Capítol del llibre “*Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*”, Alcover, J. A., Ballesteros, E., Fornós, J. J. (Eds.). CSIC-Ed. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2, 487-502.

L'ARXIPÈLAG DE CABRERA DINS DEL CONTEXT TECTÒNIC DEL MEDITERRANI OCCIDENTAL

**Bernadí
Gelabert**

Departament de Biologia,
Universitat de les Illes
Balears

bernadi.gelabert@uib.es

**Antonio
Rodríguez-Perea**

Departament de Geografia,
Universitat de les Illes
Balears

arperea@uib.es

**Francesc
Sàbat**

Departament de Dinàmica
de la Terra i de l'Oceà,
Universitat de Barcelona

sabat@ub.edu

**Jordi
Giménez**

Direcció General de
Recursos Hídrics,
Govern Balear

jgimenez@dgreghid.caib.es

Gelabert, B., Rodríguez-Perea, A., Sàbat, F. i Giménez, J. (2020). L'arxipèlag de Cabrera dins del context tectònic del Mediterrani Occidental. *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Des del punt de vista de la geologia estructural, l'arxipèlag de Cabrera constitueix la prolongació cap al SO de les Serres de Llevant de Mallorca. Les Illes Balears corresponen a la part emergida del Promontori Balear el qual constitueix la prolongació nord-oriental de l'arc orogènic Balears-Bètiques-Rif (BBR) i representa la part septentrional de l'arc en la seva primera etapa d'evolució. El relleu i la morfologia de les illes (i del promontori) està condicionat, bàsicament, per les dues últimes etapes tectòniques que han afectat a l'arxipèlag: compressió Alpina i distensió neògena. La distensió neògena configura els grans trets de la morfologia de les illes i del promontori. Les falles normals neògenes són responsables de la compartimentació del promontori en dos blocs i de l'aprimament de l'escorça. Aquestes falles, amb orientacions NE-SO i NO-SE, limiten la majoria de les plataformes submarines. La compressió alpina estructura els materials en plecs i encavalcaments amb una convergència majoritària al NO.

Paraules clau: : *Promontori Balear, Tectònica, Convergència de plaques, Migració subducció*

ABSTRACT

Under the structural geology point of view, the archipelago of Cabrera constitutes the prolongation towards the SW of the Serres de Llevant of Mallorca. The Balearic Islands correspond to the emerging part of the Balearic Promontory, which constitutes the northeastern prolongation of the Balearic-Betics-Rif orogenic arch (BBR) and represents the northern part of the arch in its first stage of evolution. The relief and morphology of the islands (and the promontory) is basically conditioned by the last two tectonic stages that have affected the archipelago: Alpine compression and neogene distension. The neogene distension configures the main features of the morphology of the islands and the promontory. Neogene normal faults are responsible for the division of the promontory into two blocks and the thinning of the crust. These faults, with NE-SO and NO-SE directions, limit most of the submarine platforms. Alpine compression produces a thrust and folded belt facing to the NW.

Keywords: *Balearic Promontory, Tectonics, Plate convergence, Subduction migration*

L'ARXIPÈLAG DE CABRERA DINS DEL PROMONTORI BALEAR

Les illes Balears -de N a S, Menorca, Mallorca, Cabrera, Eivissa i Formentera- són la part emergida d'una àmplia zona submarina elevada coneguda com Promontori Balear (Fig. 1). El Promontori, situat a la part més occidental de la Mediterrània, té una longitud de 350 km i una amplada d'uns 100 km, i té una alçada relativa sobre els fons circumdants d'entre 1.000 i 2.000 m (Acosta *et al.*, 2002). Presenta una orientació NE-SO i constitueix la prolongació cap al NO del Sistema Bètic.

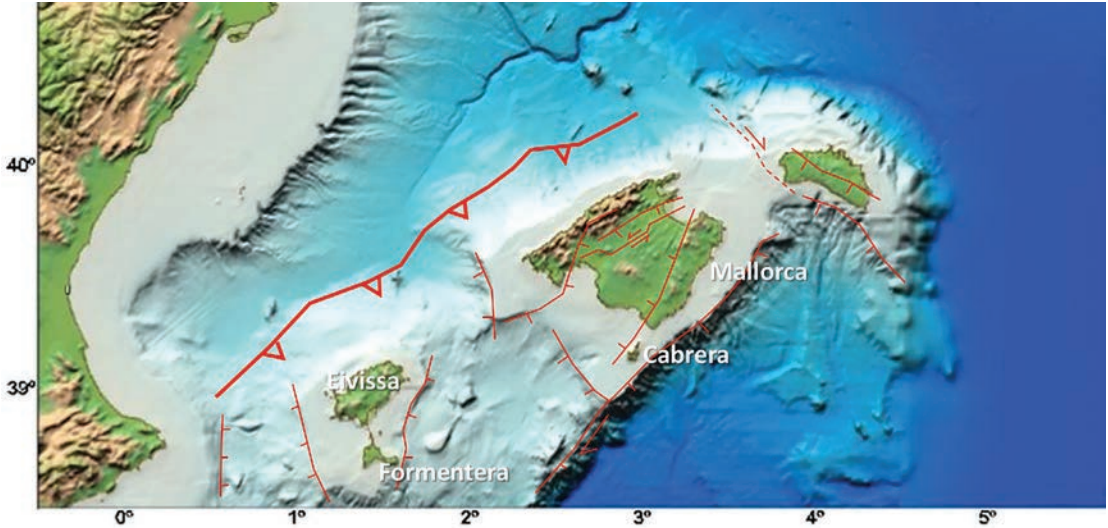


Figura 1 Model tridimensional del Promontori Balear amb les principals estructures tectòniques. La trama amb triangles correspon al front orogènic; la trama amb línies perpendiculars correspon a les falles extensives. Les fletxes corresponen a les falles en direcció i indiquen el sentit de moviment del bloc.

Des del punt de vista geològic el Promontori Balear forma part de la placa Ibèrica. El Solc de València el separa de la resta de la Península Ibèrica per l'oest, i les profundes conques oceàniques de Provença i Algèria l'envolten (Fig. 2). El solc de València té una longitud de 400 km i una orientació NE-SO, fent-se ample i profund cap al NE, on arriba a una profunditat de 2.200 m. La Conca Provençal separa Iberia (incloent el Promontori Balear) i el SO d'Europa del bloc Corso-Sard; té forma triangular i una profunditat màxima de 2.800 m. La Conca d'Algèria separa Iberia d'Àfrica; té forma triangular i una profunditat màxima de 3.000 m (Fig. 2).

L'escorça del Promontori Balear és de tipus continental però prima (el seu gruix màxim és de 25 km). L'escorça del Solc de València també és continental però més prima que la del Promontori (uns 15 km de gruix). La part oriental de la Península Ibèrica té una escorça continental amb un gruix d'uns 30 km, mentre que el gruix de l'escorça continental al nord d'Àfrica és d'uns 35 - 40 km i en el bloc Corso-Sard és d'uns 32 km. L'escorça de les Conques Provençal i d'Algèria és de tipus oceànic amb un gruix d'uns 5 km.

El Promontori Balear se subdivideix en dos blocs o plataformes, que s'alcen sobre els fons oceànics circumdants fins a profunditats de l'ordre dels 1500 metres, separats pel canal de Mallorca, on s'assoleixen profunditats superiors a 1.000 m. La plataforma que envolta al bloc septentrional, format per Cabrera, Mallorca i Menorca, és relativament estreta pels seus costats NO i NE (3 km al nord de Mallorca) i relativament ampla pel SE i SO (35 km al SO de Cabrera). Els límits o ruptures de la plataforma són majoritàriament abruptes i rectilinis, destacant el límit SE que coincideix amb l'escarpament (falla) d'Émile Baudot. D'altra banda la plataforma que envolta el bloc meridional, format per Eivissa i Formentera, és relativament ampla a l'oest de les illes (25 km a l'oest de Formentera) i d'uns 10 km a la resta de zones. Els límits d'aquesta plataforma són també

majoritàriament abruptes i rectilinis. Cal destacar que el bloc de les Pitiüses té els límits oriental i occidental orientats en una direcció N-S, orientació que només es repeteix a l'est de Menorca, ja que la resta de límits de plataforma s'orienten en direccions properes a NE-SO o NO-SE.

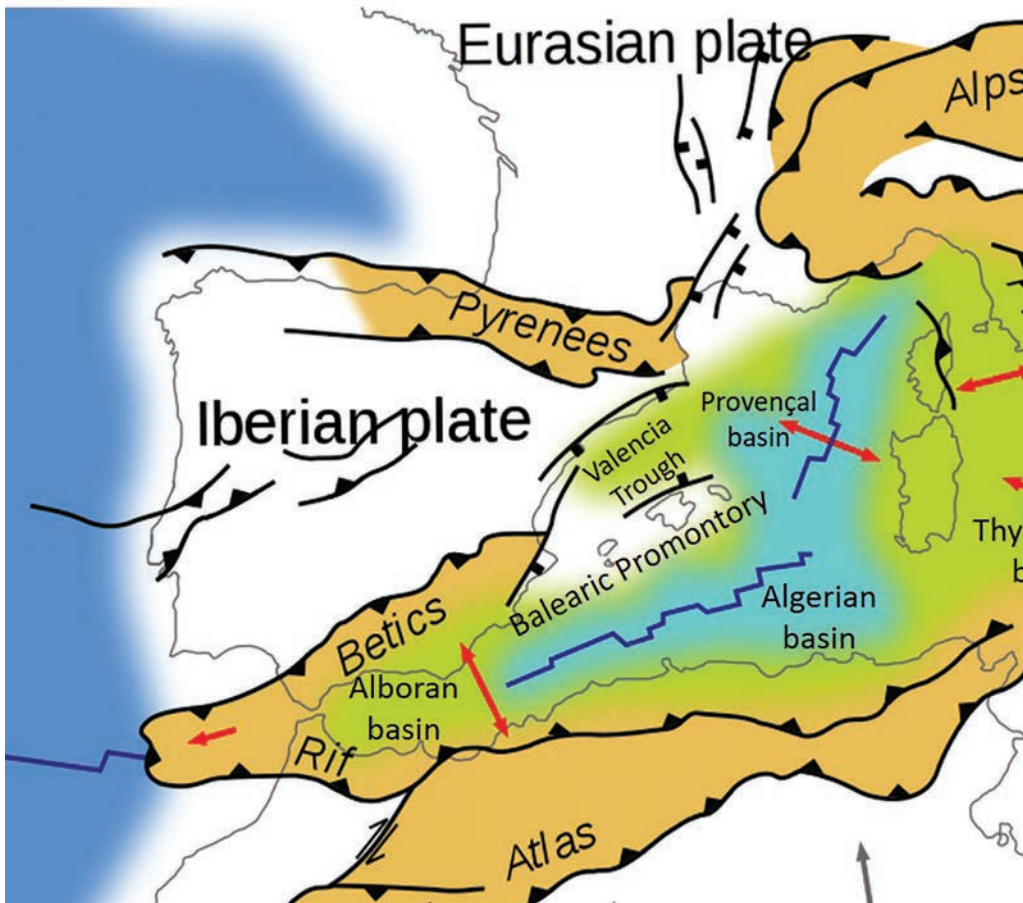


Figura 2 Mapa tectònic del Mediterrani Occidental. Font: Wikipedia, modificat.

L'escarpament Émile Baudot és l'accident més destacable del Promontori (Fig. 1), ja que forma un esglaó rectilini que arriba gairebé als 2.000 m de desnivell i que s'estén en direcció NE-SO al llarg d'uns 200 km. Aquest escarpament marca el límit entre el Promontori Balear, de naturalesa continental, i la conca d'Algèria, de naturalesa oceànica, i cal interpretar-ho com una falla de primera magnitud. En aquest sentit cal indicar que gran part dels límits abruptes de la plataforma del Promontori semblen estar condicionats per falles (Fig. 1).

Els canals submarins més importants del Promontori són el d'Eivissa i el de Mallorca. El primer, amb una orientació N-S, està situat entre la Península i les Pitiüses, i el segon, té una orientació NO-SE i separa Mallorca d'Eivissa.

Si enfocam a una escala més petita, s'observa com l'arxipèlag de Cabrera constitueix la continuació cap al SO de les Serres de Llevant de Mallorca. De fet, l'arxipèlag presenta un estil estructural i una història geològica idèntics a les Serres de Llevant, es a dir, una extensió mesozoica, una compressió alpina i finalment una nova extensió neògena. La compressió alpina és la causant de la creació del relleu que caracteritza les Serres de Llevant i l'arxipèlag mitjançant l'apilament de làmines encavalcants. L'extensió neògena és la causant de la creació de blocs aixecats (les serres) i blocs enfonsats (les conques de Campos, Palma, Inca, sa Pobla). La separació entre els distints illots de l'arxipèlag de Cabrera es deu a n'aquesta darrera etapa extensiva.

L'ARXIPÈLAG DE CABRERA DINS DEL CONTEXT TECTÒNIC DE LA MEDITERRÀNIA OCCIDENTAL

Com tot el relleu de la Mediterrània occidental, l'origen de l'arxipèlag de Cabrera s'ha de situar a partir de la convergència entre les plaques tectòniques d'Àfrica i Europa. Normalment la convergència entre plaques dona lloc a la creació d'una serralada de muntanyes, com per exemple l'Himalaia, format a partir de la convergència entre les plaques d'Índia i Àsia. Aquest fet també ha passat a la Mediterrània occidental. La convergència entre les plaques d'Àfrica i Europa és la causant final de totes les serralades peri-mediterrànies: els Magrèbids, el Rif, les Bètiques, el Promontori Balear, els Alps i els Apenins. Però a la Mediterrània es dona una "anomalia": la convergència dona al mateix temps serralades però també conques oceàniques. Les conques Provençal, Argeliana i la Tirreniana són conques de naturalesa oceànica i s'han format simultàniament a les serralades nomenades anteriorment. Com és possible aquest fet?

A la Fig. 3 mostrem dues àrees continentals separades i envoltades d'àrees oceàniques. La litosfera oceànica se suposa que és de 100 km de gruix i es considera que la litosfera continental és de 200 km de gruix, segons dades mitjanes (Schubert *et al.*, 2001). Per tant, per sota de l'àrea oceànica situada entre els continents hi ha una capa gruixuda d'astenosfera viscosa i fluïda delimitada, a ambdós costats, per la litosfera continental. Si existeix una convergència continental (Fig. 3), aquesta capa viscosa de 100 km d'espessor és expulsada lateralment, paral·lela als marges continentals. Aquest flux astenosfèric lateral es produeix perquè el fluid viscos de 100 km de gruix està confinat per la litosfera continental en dos costats, la litosfera oceànica a la part superior i la astenosfera més densa en el fons.

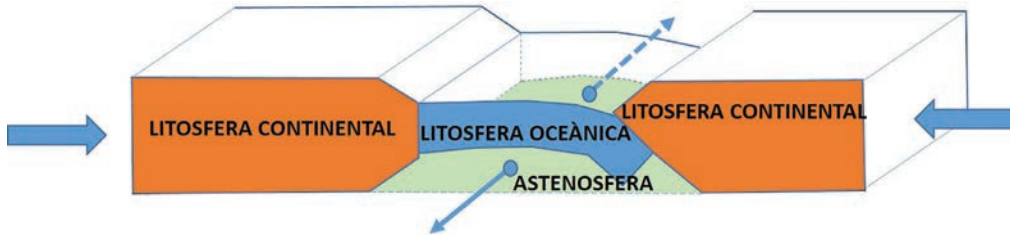


Figura 3 Si dues àrees continentals separades per una àrea oceànica convergeixen, el material astenosfèric (més fluid que la litosfera) atrapat entre mig de les àrees continentals ha de ser expulsat lateralment. Aquesta expulsió lateral és la que pot provocar la migració de la subducció.

El context geodinàmic és radicalment diferent si apareix una mega-esclatxa a l'àrea oceànica situada entre els continents. L'esclatxa s'omple amb material astenosfèric creant una incipient litosfera oceànica a la superfície i un problema espacial que es resol mitjançant la subducció de l'antiga litosfera que envolta el buit. Aquesta subducció inicial es veu reforçada per la tendència natural a caure verticalment ja que l'antiga litosfera oceànica és més densa que el material astenosfèric de sota (Fig. 4).

Quan la vella litosfera comença a subduïr i enfonsar-se, es transfereix una astenosfera menys densa per sobre de la litosfera, la qual cosa condueix a l'extensió i la creació de nova litosfera oceànica. Una vegada que s'estableix l'astenosfera, això s'accelerarà, ja que permet la transferència d'astenosfera de menor densitat des de sota, per sobre de la litosfera en subducció. L'expulsió lateral d'aquest material fluid astenosfèric també causa l'empenta horitzontal de la placa que subdueix. D'aquesta manera, el retrocés és causat per ambdós, la tendència de caure verticalment de la placa més alta i densa i l'embranchida horitzontal sobre la placa que subdueix del mantell lateral expulsat. D'aquesta manera en superfície es produeix una serralada en la zona de subducció i una conca oceànica al seu darrere. Com que la placa que subdueix es empena pel mantell expulsat lateralment, la serralada (i també la conca oceànica) migra lateralment amb la mateixa direcció en que el mantell és expulsat (Fig. 4).

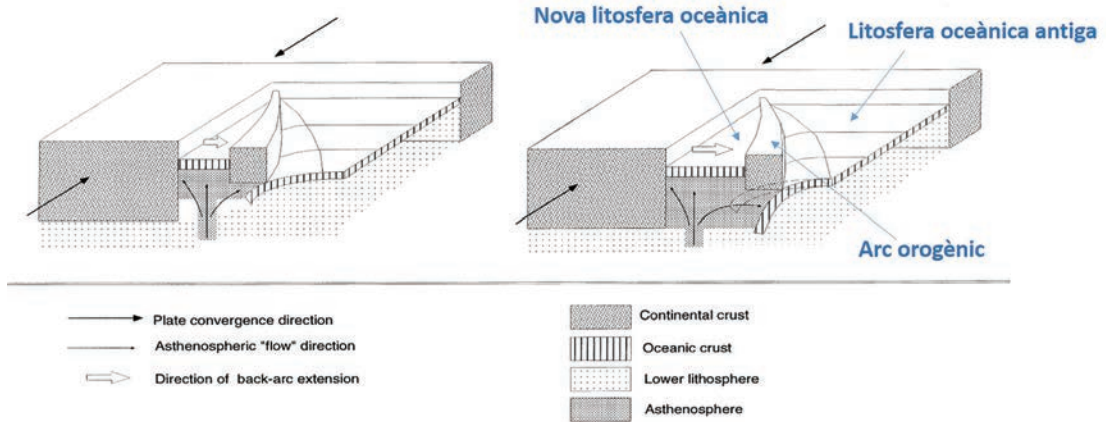


Figura 4 Sota la conca oceànica que es crea a la mega-esclerxa hi ha un augment del material astenosfèric que omple el buit causat per la migració de l'arc. Si continua la convergència continental, el material astenosfèric és expulsat cap a la “cara lliure” (és a dir, cap on hi hagi litosfera oceànica antiga i densa), provocant el retrocés i migració de la placa en subducció.

En els darrers treballs de tomografia sísmica de les Bètiques i del Rif (Spakman i Wortel, 2004; Levander *et al.*, 2014) s'ha detectat i “escanejat” la llosa oceànica localitzada en el mantell de l'arc de Gibraltar (Fig. 5a). Aquesta llosa correspon a la continuació de la litosfera oceànica atlàntica, però que ha estat subduïda per sota de l'arc de Gibraltar (de naturalesa continental). La llosa detectada reproduïx, per tant, la morfologia de la conca oceànica anterior a la subducció, que es troba actualment uns 200 km a l'oest de Gibraltar, dins de l'Atlàntic (Gutscher *et al.*, 2002). La restitució de la llosa a l'horitzontal (Fig. 5b) ens mostra com el Promontori Balear constitueix la prolongació nororiental de l'arc orogènic BBR (Balears-Bètiques-Rif). Aquesta llosa oceànica corresponia a la part més occidental del Tethys (oceà que durant el mesozoic se trobava entre Euràsia i Gondwana –Índia, Àfrica, Sudamèrica i Antàrtida) i que va entrar en subducció cap a l'E i NE durant la formació de l'arc orogènic BBR. La Fig. 6 mostra la posició de la zona de subducció al llarg del temps des del miocè inferior (23 Ma) fins a l'actualitat. El Promontori Balear forma part de la branca septentrional de l'orògen i es va formar en les seves primeres etapes d'evolució. En aquest context, la conca d'Alborà i part de la conca d'Algèria es consideren conques de retro-arc associades a l'arc de Gibraltar (Rehault *et al.*, 1984; Lonergan i White, 1979; Wortel i Spakman, 2000; Gelabert *et al.*, 2002; Spakman i Wortel, 2004).

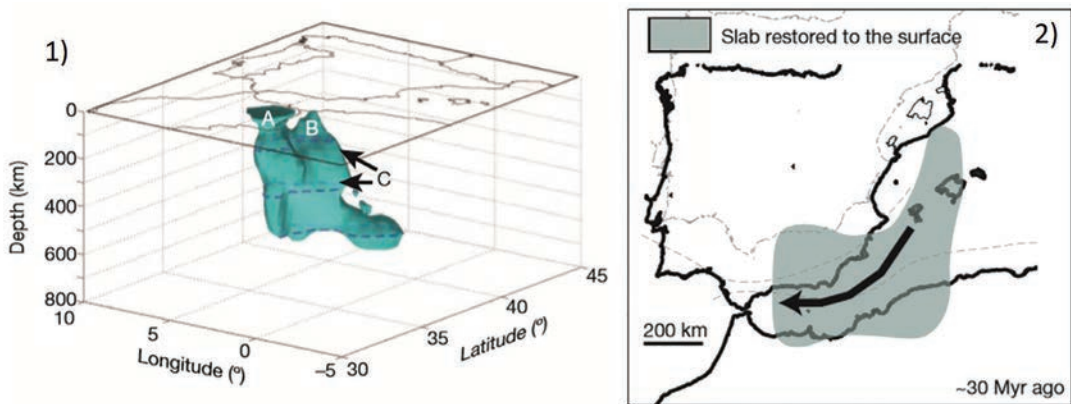


Figura 5 1) L'anomalia de la llosa en subducció sota el Mar d'Alborà es mostra en aquest diagrama de Levander *et al.*, (2014). L'anomalia s'estén per davall del Rif (A) i les Bètiques (B) i està inclinada cap a l'est. Una cortina d'altres velocitats es troba per sota del sud de la Península Ibèrica (C). 2) L'anomalia de la llosa d'Alborà restituint-se a la superfície. Les línies de punts mostren la posició de Iberia fa 30 Ma. La fletxa indica la direcció d'avanç de la subducció.

La subducció que va donar lloc a l'actual configuració d'arc orogènic i conques de la Mediterrània més occidental es va iniciar al final del Paleogen i en l'actualitat encara és activa en l'arc de Gibraltar (Gutscher *et al.*, 2002). Els terratrèmols profunds de la zona bètica interna poden associar-se a aquesta subducció activa.

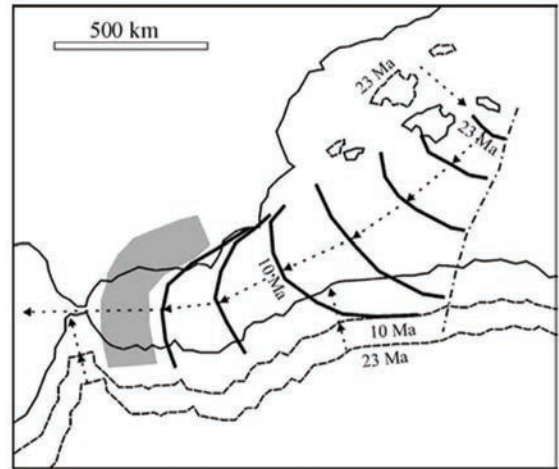


Figura 6 Evolució cinemàtica del retrocés de la subducció a l'orogen Balears-Bètiques-Rif (BBR), segons Spakman i Wortel (2004). La figura mostra la posició de la zona de subducció al llarg del temps (línies negres gruixades) des del Miocè inferior (23 Ma) fins a l'actualitat. Les illes Balears formen la branca septentrional de l'arc, en les seves primeres etapes d'evolució. La trama gris correspon a la localització actual de la llosa oceànica despresada i detectada per tomografia sísmica.

Al Promontori Balear hi ha clares evidències que ha estat sotmès a compressió. Durant l'orogènia Alpina, entre l'oligocè terminal i el miocè inferior i mitjà, al Promontori Balear es van generar plects i encavalcaments que van estructurar serralades importants i conques compressives. Aquestes estructures compressives han estat afectades a partir del miocè superior per falles bàsicament de component normal a causa de l'extensió retro-arc que han donat lloc a conques tectòniques. Així doncs tant les conques com les serralades són elements fisiogràfics de primer ordre en el Promontori Balear.

En aquest context de subducció, arc i conques de retro-arc és fàcil comprendre que en les regions que envolten el Promontori Balear ha dominat l'extensió (Vergés i Sàbat, 1999). Efectivament la Conca Provençal és el resultat de l'extensió i aprimament d'escorça continental i de la oceanització durant l'oligocè i el Miocè inferior; el solc de València resulta de l'extensió durant el Miocè inferior; la Conca d'Algèria resulta de l'oceanització durant el miocè mitjà; i finalment la conca d'Alborà presenta extensió durant el miocè mitjà i superior. Per tant, l'extensió activa a la Mediterrània més occidental s'ha traslladat en el temps cap al sud i sud-oest. En aquest context extensiu, es pot considerar que el Promontori Balear és una zona menys estesa que les que l'envolten, és a dir, una àrea afectada per extensió però parcialment preservada d'ella ("Boudin" continental, Gueguen *et al.*, 1997).

En conclusió, el relleu actual del Promontori Balear és el resultat d'un arc orogènic associat a la subducció de litosfera oceànica. En la seva estructuració van intervenir primerament episodis compressius seguits (però també simultàniament) d'episodis extensius, els quals han anat acompanyats d'un cert vulcanisme submarí. De fet el front contraccional migra cap al S i SO i les verticals dels successius fronts són aconseguides per la extensió un cert temps després.

Per motius didàctics es presenta la Fig. 7, on es mostra un esquema senzill de com pot haver-se format l'orògen Balears-Bètiques-Rif i, simultàniament, la conca oceànica Algeriana. Aquest es forma a partir de la migració d'un bloc rígid (equivalent a les Zones internes de les Bètiques i del Rif—límit discontinu en vermell). El moviment cap al l'O-SO d'aquest bloc provoca la formació de cadenes de muntanyes (límit en blau) a les parts laterals i frontals del bloc i la formació d'una conca oceànica al seu darrera (límit discontinu en vermell). Per simplicitat, es mostra a la part esquerra de la figura un esquema d'una roca (bloc rígid) que es mou sobre l'arena formant muntanyes al seu davant i als seus costats i deixant un buit (equivalent a la conca oceànica) al seu darrera. L'arxipèlag de Cabrera i el Promontori Balear equivalen a la part més oriental de la branca septentrional de la cadena muntanyosa.

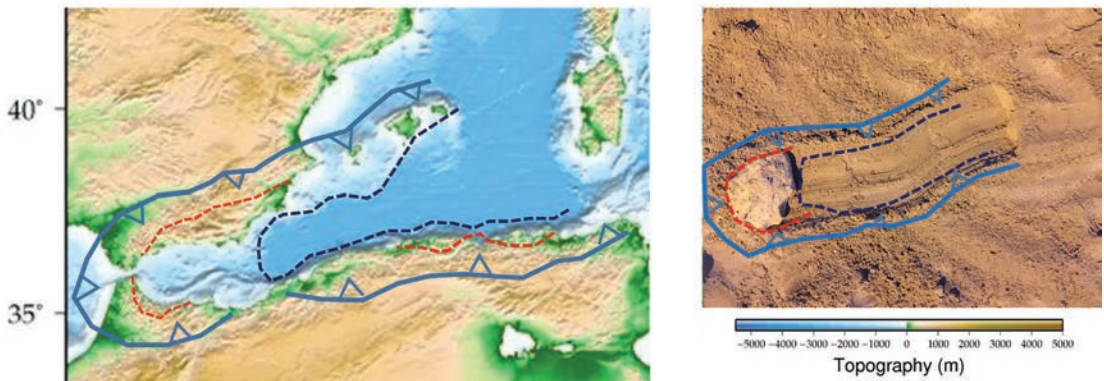


Figura 7 Esquema didàctic de la formació del Mediterrani Occidental. El fenomen és similar al moviment d'una roca (equivalent a les zones internes de les Bètiques i Rif –límit discontinu en vermell) sobre l'arena, el qual provoca una acumulació d'arena (equivalent a les cadenes de muntanyes –límit continu en blau-) a les parts frontals i laterals del bloc rígid. Al seu darrera deixa un buit que és equivalent a una zona oceànica (límit discontinu en negre).

REFERÈNCIES

- Acosta, J., Canals, M., Lopez-Martínez, J., Muñoz, A., Herranz, P. Urgeles, R., Palomo, C. i Casamor, J.L. 2002. The Balearic Promontory geomorphology (western Mediterranean): morphostructure and active processes. *Geomorphology*, 49: 177-204.
- Gelabert, B. Sàbat, F. i Rodríguez-Perea, A. 2002. A new proposal for the late Cenozoic geodynamic evolution of the western Mediterranean. *Terra Nova*, 14 (2): 93-100.
- Gueguen, E. Doglioni, C. i Fernández, M. 1997. Lithospheric boudinage in the western Mediterranean back-arc basins. *Terra Nova*, 9: 184-187.
- Gutscher, M.A., Malod, J., Rehault, J.P., Contrucci, I., Klingelhoefer, F., Mendes-Victor, L. i Spakman, W. 2002. Evidence for active subduction beneath Gibraltar. *Geology*, 30: 1071-1074.
- Levander, A., Bezada, M.J., Niu, F., Humphreys, E.D., Palomeras, I., Thurner, S.M., Masy, J., Schmitz, M., Gallart, J., Carbonell, R. i Miller, M.S. 2014. Subduction-driven recycling of continental margin lithosphere. *Nature*, 515: 253-256.
- Lonergan, L. i White, N. 1979. Origin of the Betic-Rif mountain belt. *Tectonics*, 16: 504-522.
- Rehault, J.P., Boicot, G. i Maufret, A. 1984. The western Mediterranean basin geological evolution. *Marine Geology*, 55: 447-477.
- Schubert, G., Turcote, D., Olson, P. 2001. *Mantle Convection in Earth and Planets*. Cambridge University Press. 940 pp.
- Spakman, W. i Wortel, R. 2004. A tomographic view on Western Mediterranean geodynamics. In: W. Cavazza, F. Roure, W. Spakman, G.M. Stampfli i P. Ziegler (Eds.) *The TRANSMED Atlas*. P. 31-52.
- Vergés, J. i Sàbat, F. 1999. Constraints on the Neogene Mediterranean kinematic evolution along a 1000 km transect from Iberia to Africa. *Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 156: 109-120.
- Wortel, M.J.R. i Spakman, W. 2000. Subduction and slab detachment in the Mediterranean-Carpatian region. *Science*, 290: 1910-1917.

LA GEOLOGIA DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA: ESTRATIGRAFIA I ESTRUCTURA TECTÒNICA. UNA SÍNTESI.

Joan J. Fornós

Alfredo Barón

Grup de Recerca Ciències de la Terra.
Universitat de les Illes Balears (UIB)

Associació de Geòlegs de les Illes Balears
(AGEIB).

joan.fornos@uib.cat

baron.a@telefonica.net

Fornós, J.J. i Barón, A. (2020). La geologia de l'arxipèlag de Cabrera: Estratigrafia i estructura tectònica. Una síntesi. In: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G. Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

L'arxipèlag de Cabrera, localitzat al sud de l'illa de Mallorca a uns 9 km del cap de Ses Salines, correspon des del punt de vista geològic a la prolongació vers el sud-oest de les denominades Serres de Llevant. De litologia majoritàriament carbonatada, els dipòsits mesozoics hi dominen clarament i són els responsables de l'abrupte geomorfologia de l'illa que es caracteritza per la seva costa entretallada i els seus espadats costaners. Els dipòsits més antics que hi afloren corresponen a les facies keuper del triàsic superior sobre els quals es disposen les facies carbonatades de plataforma del juràssic inferior (lias) a les què segueixen les facies més profundes, d'ambient de talús i conca, que enregistren gran quantitat de dipòsits delaplacionals amb olistòlits i olistostromes que abasten des del juràssic mitjà (dogger) fins al cretaci. Igual que passa a l'illa de Mallorca, la sedimentació no es reprèn fins l'eocè mitjà amb facies marines litorals després d'una important llacuna estratigràfica que marca un període d'emersió generalitzada. Després de les calcarenites eocenes, ja només tenim a l'arxipèlag dos petits afloraments pertanyents al miocè superior amb facies litorals, i dipòsits pleistocens localitzats a les zones costaneres baixes de tipus al·luvial, eòlic i platges. L'estructura ve determinada per la tectònica compressiva alpina amb la formació d'encavalcaments que diferencien dues unitats. Dins de cada unitat, hi destaquen principalment la presència de falles normals intrajuràssiques sincròniques amb la deposició de les facies de talús i una fracturació distensiva que afecta els materials cenozoics, de probable edat pliocènica.

Paraules clau: *Arxipèlag de Cabrera, geologia, estratigrafia, tectònica*

ABSTRACT

Cabrera archipelago is located southward from the island of Mallorca, at 9 km along from the cape of Ses Salines. From a geological point of view, it corresponds to the south-western prolongation of the Serres de Llevant reliefs. Mesozoic carbonate rocks are predominant, and are the responsible for the steep geomorphology of the island, which is characterized by an intricate coastline with near vertical coastal cliffs. The oldest deposits correspond to the Keuper facies of the Upper Triassic. The Mesozoic sequence starts with a carbonate platform deposition Lower Jurassic (Lias) in age. After a break, clearly visible by the establishment of a hard-ground, pelagic and hemipelagic deposits, characterized by slope and deep basin facies including commonly include olistolites and olistostromes, records the deepening of the basin. These pelagic facies range from Middle Jurassic (Dogger) to the Cretaceous. In the same way as it has been described for the island of Mallorca, the sedimentation does not resume until the middle Eocene with coastal marine facies after an important stratigraphic lag that indicates a period of generalized emersion. Neogene sedimentation is only present in two small outcrops belonging to the Upper Miocene and are characterized by the presence of coastal facies. Pleistocene is just present in low coastal areas, showing alluvial, dune, and beach deposits. The structure features and style are determined by the alpine compression with a thrust tectonics expression that differentiate two units. In each unit a series of distensive normal faults, intrajurassic in age, that are related with the slope facies are present, as well as an important distensive fracturation that affects the Cenozoic materials and probably of Pliocene age.

Keywords *Cabrera archipelago, geology, stratigraphy, tectonics*

INTRODUCCIÓ

La fesomia escarpada i costa retallada del petit arxipèlag que es troba al sud de l'illa de Mallorca és fruit de la seva composició carbonatada i d'una complexa estructura tectònica. Té unes característiques molt semblants a les de les serres de Llevant localitzades a la part oriental de l'illa de Mallorca i de la qual en forma part constituint un relleu emergit. Els alts i aplomats espadats i la retallada costa, especialment de l'illa més gran, Cabrera, permeten una acurada visió geològica en els continus afloraments costaners (Fig. 1).



Figura. 1 Vista des del camí que va al cap de Llebeig del Castell de Cabrera amb l'illa dels Conills al fons on es pot distingir l'abrupte fisiografia de l'arxipèlag resultat de la interrelació entre la complexa estructura i la seva litologia carbonatada.

Des de la publicació de la cartografia geològica a escala 1:50.000 dins del Plan Magna per part del IGME (1991) i de la darrera síntesi geològica (Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera, per Alcover *et al.*, 1993) publicada per la Societat d'Història Natural de les Illes Balears, Consell Superior d'Investigacions Científiques i l'Editorial Moll, o del treball de Fornós i Sàbat (1998) són poques, per no dir inexistent, les noves aportacions especialment rellevants que hi ha hagut en el coneixement geològic de l'arxipèlag. És per aquest motiu que l'objectiu del present treball és tan sols donar els trets bàsics de l'estratigrafia dels dipòsits que formen aquest espectacular indret de la Mediterrània occidental, així com les diverses etapes que han donat lloc a la seva estructuració.

L'ESTRATIGRAFIA

INTRODUCCIÓ

La sèrie estratigràfica dels materials que formen l'arxipèlag de Cabrera té aproximadament uns 510 m de potència (Fornós i Sàbat, 1998). Corresponen en la seva major part a dipòsits carbonatats mesozoics que mostren una seqüència similar als materials presents a les Serres de Llevant mallorquines de les quals en formen part (Fornós *et al.*, 1984). Estan composts per materials carbonatats de plataforma pertanyents al lias sobre els quals es disposen els materials margocalcaris (principalment hemipelagites) del lias superior al cretaci, en les quals són molt freqüents els processos delapsionals (olistòlits i olistostromes). Els afloraments d'aquestes unitats són els responsables de l'agresta orografia que presenten les illes més importants (Cabrera i dels Conills) especialment la seva línia de costa caracteritzada per imponents penya-segats molt verticalitzats.

L'estratigrafia es completa ja al cenozoic amb una bona representació de materials paleògens eocens visibles en les zones orogràfiques més baixes i acaba amb unes pinzellades de materials neògens i quaternaris en zones deprimides i del litoral de l'arxipèlag que són especialment visibles en alguns dels petits illots com na Foradada, l'illot, l'Illot Pla, na Pobra i na Plana. En destaca, com en el cas de Mallorca, una important llacuna estratigràfica que comprèn des del cretaci superior fins a l'eocè inferior.

EL MESOZOIC

La base de la sèrie mesozoica, i a la vegada els materials més antics que estan presents a Cabrera, correspon als materials llimo-argilosos amb guixos (Fig. 2) del triàsic superior (les facies keuper) que afloren a Es Clot des Guix (d'aquí ve el seu nom) i al sud de la Miranda en afloraments un poc dispersos i relacionats sempre amb les bases d'algunes unitats encavalcants, fet que fa difícil l'observació de cap seqüència sedimentària (Sàbat *et al.*, 1993). Per damunt d'aquest nivells, normalment mecanitzats, la sèrie mesozoica se subdivideix en dues clares seqüències sedimentàries que obeeixen a l'evolució del Tethys durant el mesozoic.



Figura 2 Aflorament dels materials llimosos-margosos amb guix (requadre) a la zona del Clot des Guix.

Encara que és difícil seguir tota la sèrie mesozoica en detall i relacionar les diferents unitats degut a la forta fracturació que presenta en tota l'illa podem dir que la seqüència inferior, o de plataforma, comprèn una potència de poc més de 240 m (Gómez-Llueca, 1920 i 1929; Arbona *et al.*, 1984) i està formada per calcàries i dolomies gris-vermelloses observables en bona part de l'illa com és el cas de Cap Ventós, sa Punta de ses Bledes, Punta Imperial, na Picamosques, Cap de Llebeig (Fig. 3) o es Cap Xoriguer (Fornós i Pomar, 1993). La seqüència de plataforma presenta una sèrie ben estratificada, amb bancs d'ordre decimètric a mètric molt més dolomítics a la base, mentre que a sostre dominen amplament les calcàries molt ben estratificades. Les calcàries contenen abundant fauna d'equinoderms i algues i hi ha alguns nivells de calcàries oolítiques. A sostre apareixen uns nivells de calcàries amb crinoïdeus (Fig. 4), que, a part, també contenen abundant fauna de lamel·libranquis, ammonits i belemnits i que es caracteritzen per presentar petites aportacions terrígens formades per grans ben arrodonits de quars. El trencament d'aquesta plataforma carbonatada liàsica, té lloc durant el carixià (pliensbaquià) (Arbona *et al.*, 1984) i dona lloc com en el cas de Serres de Llevant de Mallorca a la seqüència pelàgica superior inicialment amb la creació d'un sòl endurit (*hard-ground*) amb abundants concrecions ferruginoses i de manganés (Fig. 5) i amb una apreciable concentració d'ammonits ben visibles al Cap Xoriguer, Cap Ventós, Cap des Morabatí o al Codolar de l'Imperial.



Figura 3 Els penya-segats de la punta del Cap de Llebeig estan formats per les calcàries de la seqüència de plataforma del juràssic inferior (lias). A sobre amb un relleu més suavitzat la seqüència pelàgica.



Figura 4 Espectacular acumulació de crinoïdeus en els nivells superiors de la seqüència amb fàcies de plataforma mesozoica a la zona des Burrí davant l'illa de ses Bledes.



Figura 5 El contacte entre les dues seqüències mesozoiques (plataforma i pelàgica) a la zona des Burrí ve marcada per la presència d'un sòl endurit (*hard-ground*) amb abundants concrecions de ferro i manganès.

La seqüència sedimentària superior, pelàgica, està disposada de forma discordant com es pot observar al Cap Llebeig, sobre el sòl endurit que afecta la seqüència de plataforma inferior, la qual està parcialment basculada i erosionada. Els dipòsits d'aquesta unitat, fàcilment diferenciables de forma visual per la seva estratificació molt penetrativa, es caracteritzen per presentar normalment unes capes d'ordre decimètric. El conjunt correspon a una sedimentació de caràcter carbonatats margós disposat en un ambient pelàgic i hemipelàgic que correspondria a una conca relativament profunda i també de talús amb la incorporació de materials de la plataforma lligats a fenòmens de ressedimentació.

Litològicament, els nivells inferiors de possible edat bajocià (Arbona *et al.*, 1984) corresponen a calcàries noduloses vermell-verdoses disposades sobre unes calcàries groguenques amb abundants crinoïdeus i ammonits, que presenten abundant fauna de radiolaris i ammonits (Fig. 6) amb alguns fragments d'equinoderms i ostracodes. Sobre aquests nivells hi descansa una alternança de capes de margocalcàries i calcàries noduloses molt riques en nòduls de sílex amb abundant fauna d'ammonits i belemnits.



Figura 6 Dins la seqüència pelàgica mesozoica formada predominantment per calcàries noduloses hi són molt abundants els ammonits.

El fet més destacable de la seqüència superior és la intercalació de nivells ressedimentats que introdueixen dins la seqüència pelàgica elements procedents de la plataforma i que provoquen la presència de diverses discordances internes complicades per la fracturació distensiva associada, observable dins d'aquests nivells (Sàbat i Santanach, 1984). Com es pot veure a la cova Blava, a n'Enciola o al Cap de Llebeig, aquests nivells poden estar formats per calcàries blanques oolítiques clarament diferenciables pel seu aspecte massiu (amb una potència que pot superar la trentena de metres) i que contrasta amb els nivells pelàgics molt ben estratificats entre els quals s'hi intercalen. A sota solen presentar nivells mesclats de fàcies pelàgiques i components de plataforma (observables al Cap des Morabatí -Fig. 7- i a Cala Emboixar). Per damunt d'aquests nivells es reprèn la

sedimentació pelàgica amb calcàries noduloses amb nivellets de sílex que inclouen molts radiolaris i fragments de crinoïdeus, a part d'ammonits. Per damunt d'un nivell lleugerament bretxat, es disposa un important paquet de calcàries noduloses marronoses amb més de 40 m de potència amb fauna pelàgica que ja pertany al malm (juràssic superior) i que van esdevenint, cap a sostre, cada pic més margoses. Així tenim calcàries margoses blanques amb calcionèl·lids i radiolaris entre d'altres components que ja ens indicarien una edat neocomiana (cretaci inferior). La seqüència mesozoica acaba amb un paquet de poc més de 15 m de potència de margocalcàries blanques observable, per exemple a es Codolar des Burri. Arbona *et al.*, (1984) en fan una descripció detallada i una acurada anàlisi de la composició fòssilífera de tota aquesta unitat .



Figura 7 Aflorament de la seqüència pelàgica fortament estructurada a la zona del Cap des Morabatí on s'observen dos nivells de *hard ground*, les margocalcàries corresponents a les fàcies pelàgiques (capes grogues) i la intercalació d'olistòlits de materials procedents de la plataforma (nivell superior).

EL PALEOGEN

Els dipòsits corresponents a l'inici del cenozoic estan força representats a les illes majors, tant a l'illa dels Conills com a Cabrera Gran (Fig. 8), pel paleogen (eocè mitjà), i han estat motiu d'estudi específic des dels treballs de Gómez-Llueca (1929), López i Serra (1979) i, molt especialment, la tesi doctoral de Ramos-Guerrero (1988).

De forma general, la representació paleògena a Cabrera correspon a una sedimentació en un ambient de plataforma carbonatada relativament soma, en unes aigües càlides, ben oxigenades, lluminoses i riques en nutrients, que mostra una seqüència amb un cicle regressiu-transgressiu probablement ocasionat per variacions del nivell eustàtic global (Ramos-Guerrero, 1993).



Figura 8 Vista des de la península de n'Enciola a la cala del Coll Roig, on hi afloren amplament els materials calcarenítics paleògens. Al fons, el puig de na Picamosques format per les calcàries i dolomies del lias.

En paral·lel al que s'ha descrit a Mallorca, després del cretaci inferior, s'hi troba una llacuna estratigràfica, de manera que la sedimentació no es reprèn fins a l'eocè mitjà (lutecià). En els dipòsits paleògens de l'arxipèlag de Cabrera, la seqüència descrita, ve marcada per dues unitats amb una clara diferència litològica (Ramos-Guerrero, 1988). La unitat inferior, disposada de forma discordant sobre els materials pelàgics del mesozoic i que pot arribar a presentar fins a poc més de 75 m de potència, correspon a una sedimentació característica d'un ambient marí de plataforma d'una certa profunditat. Està composta per una gran variabilitat litològica que comprèn, de forma dominant, calcarenites molt fossilíferes (Fig. 9) que inclouen gran quantitat de fauna de foraminífers (Nummulits, Assilines, Alveolines, Orbitolites i Dyscocielines), encara que també hi són presents les calcàries, margocalcàries, margues, limolites que també contenen fauna. A part dels foraminífers esmentats, s'hi pot observar, en aquesta unitat, coralls solitaris, equinoderms i serpúlids, entre d'altres. Aquesta unitat inferior és present en la seva màxima potència al Coll Roig. També s'hi pot observar a cala Santa Maria, al Caló des Palangrers o als aflorament del sud-est de s'Espalmador.

La unitat superior està formada per calcàries de coloracions clares amb abundant fauna d'ambients un poc més somes que es caracteritzen per la presència d'abundants Nummulits i miliòlids. Encara que sembla estar disposada de forma concordant sobre l'anterior, localment, s'hi pot observar una certa discordança erosiva, o fins i tot, una disposició directa sobre el basament mesozoic, tal i com passa al Nord de la Serra de les Figueres. El principal aflorament correspon al Coll Roig, amb una potència d'uns 18 metres i escaig. Altres afloraments en els quals es pot observar aquesta unitat, a part dels ja comentats, són a l'oest de La Miranda, a es Caló des Palangrers i a cala Santa Maria.



Figura 9 Els nivells eocens que afloren al caló de ses Agulles estan formats per calcarenites molt fossilíferes amb gran quantitat de foraminífers, entre els quals hi destaquen els nummulits.

EL MIOCÈ SUPERIOR

Els dipòsits miocens a l'arxipèlag de Cabrera són molt escadussers i, de fet, han passat força desapercebuts davant l'omnipresència dels materials mesozoics i paleògens. Malgrat que Hermite (1879) va fer una lleu descripció en la seva tesi doctoral, indicant que prop de Cala Emboixar hi havia uns nivells formats per conglomerats i capes calcàries azoïques amb estratificació horitzontal discordants sobre el mesozoic, les va acabar atribuint al Miocè mitjà per la seva similitud. No és fins arribar als treballs de Fornós *et al.*, (1983 i 1984) en què es descriu la sedimentologia i estratigrafia d'aquests dipòsits que afloren al nord de l'illa entre la zona de Cala Emboixar i la Punta de sa Corrent. Aquests autors atribueixen aquests dipòsits al miocè terminal (serien l'equivalent a les calcàries de Santanyí de la propera illa de Mallorca). Equival a una seqüència força espectacular que correspondria al rebliment d'una petita badia amb una sèrie d'aportacions detrítiques col·luvials, de peu de penya-segat, en un ambient de sedimentació carbonatada de caràcter restringit (Fig. 10), en una paleogeografia molt similar a l'actual amb penya-segats i una costa retallada i amb entrants tipus badies. Així, de forma discordant, sobre els materials mesozoics en què s'observa clarament una paleotopografia erosiva (paleopenya-segat), els dipòsits miocens estan formats per conglomerats amb grans blocs que reomplen el pretèrit relleu al qual segueixen tot un seguit de nivells formats per bretxes polimíctiques i llims vermells que s'interdigiten amb els nivells marins carbonatats restringits formats per nivells d'estromatòlits, els quals van evolucionant en la vertical a nivells més marins, sempre amb la influència terrígena però ja interdigitats amb calcàries oolítiques. El conjunt de la seqüència es pot considerar com el rebliment d'una badia més o menys restringida en una evolució del nivell de la mar ascendent i polsant.

El miocè superior també està present en un petit aflorament de 100 m i escaig de longitud i amb una potència no superior als nou metres a la part oriental de l'Illa dels Conills (Fornós *et al.*, 1991), al penya-segat que va des de la Punta des Blanquer fins al Coll de Llevant. Es tracta de bretxes monomíctiques amb abundant matriu calcilutítica en capes lenticulars alternant amb calcàries

(calcarenites) oolítiques. Aquests dipòsits també són interpretats com a depositats en un ventall al·luvial que s'endinsaria a la mar (*fan delta*) on s'interdigitaria amb nivells de barres oolítiques de la plataforma carbonatada circumdant.



Figura 10 El miocè terminal de la zona de sa Punta de sa Corrent està format per una alternança de dipòsits al·luvials i calcarenites litorals i restringides que fossilitzen un antic penya-segat costaner en el qual, a la base, s'acumulen grans blocs.

EL QUATERNARI

El quaternari a l'arxipèlag és poc representatiu a les illes majors on tan sols hi ha petits afloraments a la zona costanera en indrets més o menys protegits de la dinàmica marina erosiva. Deixant de banda les primeres cites que podem considerar històriques damunt els dipòsits pleistocènics (Hermite, 1879; Gómez-Llueca, 1929), pràcticament els únics treballs que tracten d'una manera més o menys exhaustiva sobre el quaternari des d'un vessant eminentment paleontològic (malacològic) són els de J. Cuerda (Cuerda, 1975, 1976, 1987, 1989). Aquests treballs estan perfectament resumits en la síntesi publicada dins la Monografia de la Societat d'Història Natural de Balears (Cuerda, 1993).

A l'arxipèlag de Cabrera hi és representat de forma, més o menys, clara tot el pleistocè, sia com a dipòsits de tipus continental (litoral) que inclouen calcarenites bioclàstiques (marès) de deposició eòlica formant acumulacions dunars (Fig. 11), o acumulacions detrítiques formades per llims vermells, bretxes i conglomerats alternants amb nivells de paleosòls; sia amb dipòsits marins litorals format per nivells de platges amb gresos carbonatats molt fossilífers i per plataformes d'abradió sempre males d'associar a algun nivell cronològic.



Figura 11 Vista dels dipòsits tabulars eòlics pleistocens disposats de forma discordant sobre els materials pelàgics mesozoics al caló des Macs.

Fent una breu descripció seguint un ordre estratigràfic i tenint present que cap d'aquests dipòsits ha estat datat per mètodes de datacions absolutes, sinó que la seva atribució estratigràfica s'ha fet en base al seu contingut paleontològic (Cuerda, 1975 i 1987), podem dir que el pleistocè inferior és l'interval que està menys representat. A l'illa de na Foradada, Cuerda (1976) hi atribueix els potents dipòsits eòlics alternants amb bretxes i conglomerats vermells en aquest interval estratigràfic, encara que intueix que podrien ser fins i tot més antics. També associa a aquesta edat els dipòsits eòlics de La Miranda i els rebliments arenosos trobats a sa Cova des Frares en base a la seva altitud topogràfica. El pleistocè mitjà marí no està representat a l'illa major, encara que a la zona de Cala Emboixar i a l'oest de l'illa a es Morro d'en Tià, la presència de algunes rases d'abrasió, podrien correspondre a aquesta edat. La resta de dipòsits atribuïbles a aquesta edat corresponen a acumulacions d'eolianites (marès) que són visibles a la cala de Santa Maria, s'Olla o es Caló des Palangrers entre d'altres, i que estarien relacionats amb períodes regressius glacials.

Els dipòsits quaternaris més abundants, encara que poc extensos superficialment, són els corresponents al pleistocè superior. A la zona de cala Santa Maria (Fig. 12) i al Port de Cabrera (es Mollet de sa Madona), hi ha dipòsits marins fossilífers que juntament amb les rases presents a cala Emboixar i a es Morro d'en Tià, caracteritzen el Pleistocè superior marí. Les facies continentals estan representades per bretxes i llims vermells de poca consideració (Port de Cabrera, s'Espalmador, cala Santa Maria, s'Olla, entre d'altres) i per dipòsits d'eolianites característiques de zones litorals i adossades als penya-segats amb abundants rizoconcrecions i icnites de *Myotragus* especialment presents a cala Santa Maria i al mateix Port.



Figura 12 Petita pedrera que va explotar les eolianites del pleistocè superior a la zona de cala Santa Maria.

L'ESTRUCTURA TECTÒNICA

L'estructura tectònica de l'arxipèlag de Cabrera queda emmarcada dins de l'evolució estructural de les Balears i molt especialment està relacionada amb l'entorn proper de les Serres de Llevant de Mallorca. No és fins a finals dels anys 80 del segle passat que s'entra de ple en la descripció de l'estructura i evolució tectònica de l'illa amb motiu de l'elaboració de la tesi doctoral de Francesc Sàbat a la Universitat de Barcelona. Aquesta versa sobre l'estructura de les Serres de Llevant de Mallorca on hi inclou l'arxipèlag de Cabrera (Sàbat, 1986) i sobre el qual publica diversos treballs específics (Sàbat i Santanach, 1984 i 1985) o de síntesi (Sàbat *et al.*, 1993). Sàbat i col·laboradors (op. cit.) diferencien tres etapes diferents en l'estructuració geològica de l'illa: una primera etapa d'edat mesozoica en què predomina la tectònica distensiva, una etapa compressiva cenozoica i una darrera etapa de caràcter distensiu.

La primera etapa distensiva mesozoica s'emmarca dins el procés d'obertura de l'Atlàntic i que dona lloc a la Mediterrània (anteriorment Tethys) al trencament progressiu de la plataforma carbonatada liàsica. Aquest trencament donà pas a la profundització generalitzada de la conca, encara que amb una complexa disposició d'horst i grabens, i a una sedimentació general de caràcter hemipelàgic (cicle o seqüència superior mesozoica pelàgica). La irregular topografia submarina amb creació de forts desnivells, resultat de l'evolució de les diverses falles normals conjugades, va implicar una forta presència dels fenòmens de ressedimentació amb formació d'olistòlits i grans olistostromes (Fig. 13).



Figura 13 A les facies pelàgiques mesozoiques de la zona del cap des Morabatí, s'hi observa clarament la tectònica distensiva que provoca una complexa disposició d'aquestes unitats complicades per la presència de fenòmens delapsionals com són els olistòlits. Els nivells vermells corresponen al *hard-ground* damunt les calcàries del lias.

La segona etapa correspon a l'etapa compressiva que va tenir lloc entre l'oligocè i el miocè mitjà, coneguda com a orogènia alpina i que és la responsable de la formació de l'estructura global de les illes. Aquesta compressió implica un escurçament que es resol per l'apilament d'una sèrie de lloses encavalcants que configuraran a la llarga els principals relleus de l'arxipèlag balear. En el cas de Cabrera (Sàbat *et al.*, 1993), l'estructura compressiva presenta dues unitats estructurals el contacte de les quals és observable des de n'Enciola fins al nord d'es Penyal Blanc, al Clot des Guix o entre la Miranda i la zona costanera que domina el Codolar de l'Imperial. La unitat inferior està formada per tota la seqüència mesozoica, tant de plataforma com pelàgica, així com també pels dipòsits eocens. Dins de la mateixa, hi són presents algunes escates encavalcants seguint la vergència general (encavalcament d'es Burrí -Fig. 14- o el de Cap Falcó), és a dir vers el nord-oest, amb capes quasi sempre horitzontals, amb alguns plects només de caràcter testimonial. La unitat superior, present bàsicament a les zones més elevades de l'illa, com es Clot des Guix, entre la Miranda i es Codolar de l'Imperial, o entre sa Punta de Mal Entrador i es Penyal Blanc, està formada tan sols per la seqüència de plataforma del lias (juràssic inferior) sense estructures tectòniques apreciables en el seu interior.



Figura 14 Encavalcament d'es Burrí. Les calcàries del lias encavalquen les margocalcàries cretàiques. Tot el conjunt mostra una sèrie de falles normals.

Finalment, la tercera etapa de caràcter distensiu, i probablement d'edat miocè superior-pliocè o posterior, està caracteritzada per algunes falles normals, com les que afecten els dipòsits eocens (López i Serra, 1979) de s'Olla o de la Punta des Codolar, entre d'altres i que, en darrera instància, seria la responsable dels principals trets fisiogràfics de l'arxipèlag.

GEOLOGIA MARINA

Malgrat no és l'objectiu del present treball, cal fer una sèrie d'apunts respecte de l'estructura geològica i acumulació sedimentària dels fons marins i de la zona propera a les illes emergides. Un bon resum es pot veure a Rey i Somoza (2016). Un dels fets més remarcables a la seva costa és la presència de parets i talussos quasi continus des de la cota batimètrica de 0 m fins als -60 m que estan condicionats per la tendència estructural de les línies de fractura NE-SW. A partir d'aquí, hi ha una plataforma continental força ampla (entre 30 i 35 km) recoberta de sediments plioquaternaris i que mostra poca transferència de sediments cap a zones més profundes a causa, principalment, de la inexistència de sistemes de drenatge d'una certa importància. Les acumulacions sedimentàries són molt variables amb màximes potències relacionades amb el creixement de prismes deposicionals com es pot observar al canal de Cabrera, o a la part més profunda de la plataforma vora del seu límit. Hi són observables també diversos paleorelleus (a part de diferents edificis bioconstruïts) relacionats amb terrasses i/o cordons litorals relacionats amb les variacions eustàtiques quaternàries. S'hi diferencien fins a tres unitats sísmiques de forma similar al que passa a la resta de l'arxipèlag balear (Acosta *et al.*, 1986). La més superficial i recent presenta a la base una clara superfície erosiva. Per davall, hi ha dues unitats més que mostren una clara estructura de prisma sedimentari en una situació esglaonada que es relacionarien en les variacions eustàtiques ocorregudes des del darrer màxim glacial.

ALTRES ASPECTES GEOLÒGICS DE L'ARXIPÈLAG

No volem acabar aquesta síntesi de la geologia de l'arxipèlag de Cabrera sense esmentar un fenomen geomòrfic important que afecta les roques carbonatades que són les omnipresents a tot l'arxipèlag. Es tracta del carst, motiu d'un dels principals reclams de les visites turístiques a l'illa com és la Cova Blava.

Montoriol (1954) en fou el primer expedicionari, desplaçat a l'illa per estudiar-ne el carst i qui va realitzar les primeres topografies i descripcions de les principals cavitats, com la Cova Blava, Cova des Burrí, avenc des Frare, cova des Teatre o el Forat de Picamosques i va aportar un primer intent de situar la carstificació dins d'un marc cronològic i espeleogenètic. Trias (1993) en el seu catàleg espeleològic hi donà noves dades amb més topografies i afegint alguna nova cavitat també de la propera illa dels Conills (Cova de sa Llumeta). Finalment Encinas (2014) en fa un recull actualitzat en el seu "Corpus". Ginés (1993) explorà també el vessant exocàrstic tot descrivint les diverses formes que presenta el lapiaz. Aquestes formes exocàrstiques estan dominades per les formes de subsòl o criptolapiaz i per les costaneres que mostren una forta influència dels processos bioerosius.

AGRAÏMENTS

Són molts i moltes les aportacions fetes, no tan sols per persones pertanyents al món acadèmic, sinó també per diversos naturalistes que han contribuït des de diversos vessants al coneixement geològic de l'arxipèlag de Cabrera. A tots ells va dedicat aquest treball. Aquesta síntesi forma part del projecte de recerca finançat pel MINECO, CGL2016-79246 (AEI-FEDER, UE). Bona part del recull fotogràfic que es mostra en el present treball prové dels treballs geològics que en l'actualitat estan realitzant els membres de l'AGEIB (Associació de Geòlegs de les Illes Balears).

REFERÈNCIES

- Acosta, J., Serra, J., Herranz, P., Canals, M., Mateu, G., Guillén, J., Sanz, J.L., Calafat, A., San Gil, C., Catafau, H. i Fornós, J.J. 1986. Resultados preliminares de la campaña de geología marina "Geocarbal 85/I", realizada en la plataforma continental de las Islas Baleares. *Informes Técnicos, Instituto Español de Oceanografía*, 44: 1-27.
- Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. Eds. 1993. *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2. 772 pp.
- Arbona, J.; Fontboté, J.M.; González-Donoso, J.M.; Linares, A.; Olóriz, F.; Pomar, L.; Rivas, P.; Sàbat, F. 1984/1985. Precisiones biostratigráficas y aspectos deimentoplógicos del Jurásico-Cretácico basal de la Isla de Cabrera (Balears). *Cuadernos de Geología*, 12:169-186.
- Cuerda, J. 1975. *Los Tiempos cuaternarios en Baleares*. Diputación Provincial de Balea res. Instituto de Estudios Baleáricos. Patronato J.M. Cuadrado. C.S.I.C. 304 pp.
- Cuerda, J. 1976. Nota preliminar sobre el Cuaternari de Cabrera (Balears). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural (Secció Geologia)*, 40 (1): 45-58.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra", 420 pp. Palma de Mallorca.
- Cuerda, J. 1989. *Los Tiempos cuaternarios en Baleares*. 2ª edició. Direcció General de Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 310 pp.
- Cuerda, J. 1993. Nota sobre el Quaternari. In: Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 117-130.
- Encinas, J.A. 2014. *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor. 1355 pp.
- Fornós, J.J. i Pomar, L. 1993. El Mesozoic. In: Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 79-85.
- Fornós, J.J. i Rodríguez-Perea, A. 1991. "El Miocè superior a l'illa des Conills (Arxipèlag de Cabrera)". *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 34: 65-68.
- Fornós, J.J. i Sàbat, F. 1998. Aspectes geològics de l'Arxipèlag de Cabrera. In Fornós, J.J. (ed.). *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears. Servei de Publicacions. Pp. 67-93.
- Fornós, J.J., Pomar, L. i Rodríguez-Perea, A. 1983. "Depósitos marinos litorales y de abanico aluvial del Mioceno de la Isla de Cabrera". *Comunicaciones del X Congreso Nacional de Sedimentología (Menorca)*: 7.32-7.35.

- Fornós, J.J., Pomar, L. i Rodríguez-Perea, A. 1984. "A composite sequence of alluvial fan, coastal, and sea-cliff deposits in the Upper Miocene of the Cabrera Island (Balearics, Spain)". *Publicaciones de Geología (Homenaje a Luis Sánchez de la Torre)*, 20: 85-95. Univ. Autònoma de Barcelona.
- Ginés, A. 1993. Morfologies exocàrstiques. In: Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 153-160.
- Gómez-Llueca, M.F. 1920. Sur la geologie de Cabrera, Conejera et autres lles voisines. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 171: 1158-1160.
- Gómez-Llueca, M.F. 1929a. Contribución al conocimiento de la geología de las islas de Cabrera. *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 15: 85-103.
- Gómez-Llueca, M.F. 1929b. *Los Nummulíticos de España*. Comis. Invst. Paleont. y Prehist. Mem., 36. 400 pp. Mus. Nac. Ciencias Naturales.
- Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les îles Baléares. Première partie. Majorque et Minorque*, Paris, F. Pichon Imprimeur. F. Savy Éditeur. 357 pp.
- IGME, 1991. *Mapa Geológico de España*. Escala 1:50.000. Isla Conejera y Cabrera (748/774). Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 41 pp. + mapa.
- López, C. i Serra-Kiel, J. 1979. "Noves dades sobre l'Eocè de l'illa de Cabrera (Balears)". *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 23: 181-195.
- Montoriol, J. 1954. El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 13: 33 pp. Oviedo.
- Ramos-Guerrero, E. 1988. *El Paleógeno de las Baleares*. Tesis Doctoral. Univ. Illes Balears i Univ Barcelona. 219 pp. 3 vols.
- Ramos-Guerrero, E. 1993. El Paleogen. In: ALCOVER, J.A. et al., (eds.) *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 87-103.
- Rey, J. i Somoza, L. 2016. Cabrera submarina: el patrimonio desconocido. In: Robledo, P.A. (ed.), *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Capítulo 5: 123-142.
- Sàbat, F. 1986. *Estructura Geològica de les Serres de Llevant de Mallorca (Balears)*. Tesis Doctoral de la Universitat de Barcelona. Inèdita. 2 vols.
- Sàbat, F. i Santanach, P. 1984. Tectònica extensiva d'edat juràssica a l'illa de Cabrera (Balears). *Acta Geol. Hispànica*, 19: 227-234.
- Sàbat, F. i Santanach, P. 1985. Unitats estructurals de l'illa de Cabrera (Balears). *Rev. d'Invest. Geol.*, 41: 111-121.
- Sàbat, F., Santanach, P. i Casas, J.M. 1993. Estructura Geològica. In: Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 61-77.
- Trias, M. 1993. Catàleg espeleològic. In: Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 131-152.

INTRODUCCIÓ A LA HISTÒRIA DE L'EVOLUCIÓ DEL CONEIXEMENT GEOLÒGIC DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA I LA SEVA CARTOGRAFIA GEOLÒGICA

Joan J. Fornós

Alfredo Barón

Borja López

Grup de Recerca Ciències de la Terra.
Universitat de les Illes Balears. (UIB)

joan.fornos@uib.cat

Associació de Geòlegs de les Illes Balears
(AGEIB)

Fornós, J.J., Barón, A. i López, B. (2020). Introducció a la història de l'evolució del coneixement geològic de l'arxipèlag de Cabrera i la seva cartografia geològica. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Els primers treballs que tracten la geologia de Cabrera corresponen a finals del segle XIX i principis del XX, però no serà fins a les darreries del segle XX que l'arxipèlag serà objecte de diverses campanyes cartogràfiques, principalment des del món acadèmic, per tal de descriure, a grans trets, les seves característiques estructurals i estratigràfiques. Amb anterioritat només s'haurien abordat alguns aspectes marginals o força concrets i/o puntuals de l'illa, tot destacant el fet que es tractaven de la prolongació de les Serres de Llevant de Mallorca; o bé algunes observacions relatives a l'estratigrafia, estructura, aspectes geomòrfics o paleontològics.

Paraules clau: *Cartografia geològica, geologia, Cabrera, història de la geologia*

ABSTRACT

Earlier works devoted to the geology of Cabrera date to the end of the ninetieth and early twentieth century. The first systematic and academic geological surveys did not account until the end of the twentieth century. These surveys found out the overall stratigraphic and structural characteristic of the archipelago. Previously to the academic surveys most of the research correspond to punctual and /or partial topics on the relation between the spatial extent of the Serres de Llevant (Mallorca) and Cabrera, or about very specific and geographical restrained comments on stratigraphy, structure, geomorphology or paleontological issues.

Keywords *Geological maps, geology, Cabrera, history of geology*

INTRODUCCIÓ

La història del coneixement geològic de l'illa de Cabrera corre, en general, paral·lela a la història del coneixement geològic de les Balears i de forma més concreta al de l'illa de Mallorca (Darder, 1946; Rosselló-Verger, 2011; Fornós, 2015), tot seguint les passes de l'avançament de les ciències que es dona bàsicament a principis del segle XVIII. Les noves teories que apareixen al món acadèmic foren progressivament incorporades a l'estudi de l'Arxipèlag, principalment gràcies a la tasca d'investigadors estrangers que procedents d'Europa vingueren a treballar a les illes Balears per fer les seves tesis doctorals o bé per altres qüestions que no sempre foren estrictament acadèmiques, però que resultaren en algunes aportacions de caire geològic. En aquest context però, l'arxipèlag de Cabrera, sempre quedà al marge o bé fou tractat d'una manera molt marginal tot adduint la seva relació i similitud amb les Serres de Llevant de la veïna illa de Mallorca. Des de la primera aportació, que tingué lloc en la primera meitat del segle XIX (Ferrero della Marmora, 1834), hi ha tota una sèrie d'aportacions que conclouran amb la síntesi de la Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera (Alcover *et al.*, 1993) publicada per la Societat d'Història Natural de les Illes Balears, Consell Superior d'Investigacions Científiques i l'Editorial Moll.

De llavors ençà són poques, per no dir quasi bé cap, les noves aportacions de caràcter rellevant a propòsit del coneixement geològic de l'arxipèlag de Cabrera. L'objectiu del present treball és repassar l'evolució històrica del coneixement geològic de l'arxipèlag tot posant l'èmfasi en les successives aportacions dels dos darrers segles.

ANTECEDENTS HISTÒRICS DEL CONEIXEMENT GEOLÒGIC DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

LES PUBLICACIONS ANTIGUES DEL SEGLE XIX

Els primers treballs que tracten la geologia de Cabrera ho fan des del punt de vista descriptiu, bé dels materials que hi afloren o d'alguns aspectes concrets relatius al registre paleontològic, tot situant aquests afloraments, des d'un punt de vista estratigràfic, dins del context geològic general de les Balears.

Unes de les primeres dades que en tenim, corresponen a les aportades pel tinent coronel de Torí, Ferrero della Marmora (1834). Fou un personatge piemontès polifacètic (1789-1863) implicat en la configuració de l'estat italià, fins i tot condecorat per Napoleó Bonaparte en la seva primera etapa militar a l'exèrcit francès. Viatjà a Mallorca, tot seguint l'empremta de la dominació fenícia amb la idea de comparar les construccions prehistòriques de Mallorca amb les de Malta, i sobretot, Sardenya. Encara que probablement mai va visitar a Cabrera, va confeccionar un mapa geològic de les illes de Mallorca i Menorca que inclou l'arxipèlag de Cabrera (Fig. 1). En aquest mapa que, segons Rosselló-Verger (2011), podria molt bé estar basat en un mapa anterior de 1793 atribuït a López, considerà a la totalitat dels materials que hi afloren com a pertanyents al Terciari. S'ha de recordar que el mapa de Ferrero della Marmora indueix la formació de la Serra per efecte del vulcanisme. Malgrat algun aspecte millorable (indica la presència de granit a Mallorca tal i com ho comenta Darder -1946- en el seu llibret sobre la coneixença geològica de Mallorca), s'ha de contextualitzar la impressionant contribució del personatge en el moment científic en que va viure.

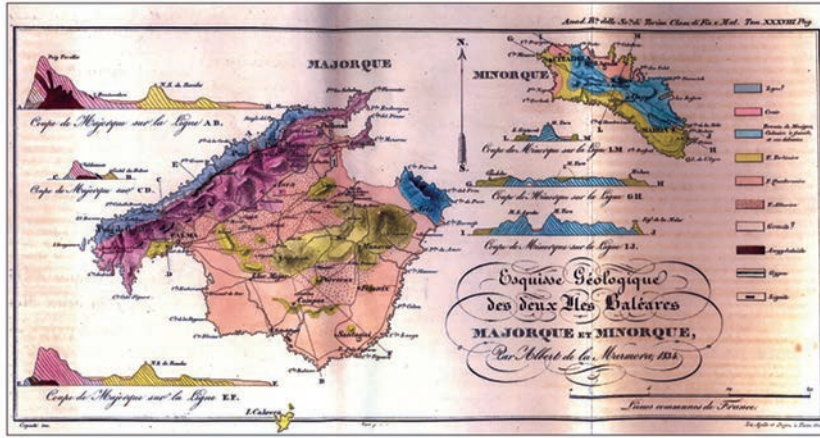


Figura 1 Mapa geològic de l'illa de Mallorca de La Marmora (1834) on hi surt representat l'arxipèlag de Cabrera format per materials neocomians (cretaci) i pliocens.

El següent personatge al qual hem de fer referència és Paul Bouvij (escrit comunament en grafia Bouvy). Nascut a Amsterdam el 1807 i mort a Barcelona el 1867, fou un militar i enginyer que emigrà a Mallorca el 1835 per treballar, entre d'altres, a les mines de lignits. Planificador de la canalització de la Font de la Vila i de la dessecació del Prat de Sant Jordi tenia interès per completar els mapes geològics de totes les illes de les Balears, cosa que només va aconseguir parcialment a la major de les illes. Bouvij (1867) en el seu assaig de la descripció geològica de Mallorca, hi inclou un mapa geològic (Fig. 2) que després seria reproduït en color i millorat topogràficament amb la representació del relleu (Fig. 3) per l'Arxiduc, a la seva magna obra “Die Balearen” (Habsburg-Lothringen, 1869-1890) en el volum dedicat a Mallorca el 1871. En aquest mateix volum tota la secció que fa referència a la geologia de Cabrera és, simplement, la traducció íntegra del treball de Bouvij. En aquest mapa, l'arxipèlag de Cabrera apareix representat amb dues taques de color, una representa el neocomià (cretaci) i l'altre afecta al nord de l'illa gran i part de l'illa dels Conills, representada com a pliocè.

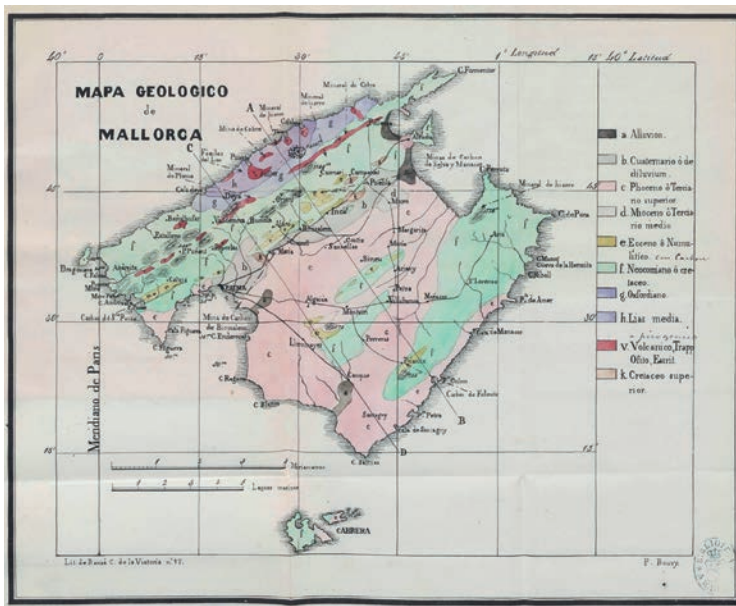


Figura 2 Mapa geològic de l'illa de Mallorca de Bouvij (1867) on hi surt representat l'arxipèlag de Cabrera format per material neocomians (cretaci) i pliocens. (Font: Biblioteca Nacional de Espanya).

A partir d'aquestes primeres dades escadusseres, amb relativament poca base científica (tot i que la del moment) i, sobretot, amb una manca de coneixement directe del territori, podria afirmar-se que la coneixença moderna de la geologia de l'arxipèlag no començà fins els treballs d'Hermite (1879), de Nolan (1897) i més tard de Gómez-Llueca (1920, 1929a i b).

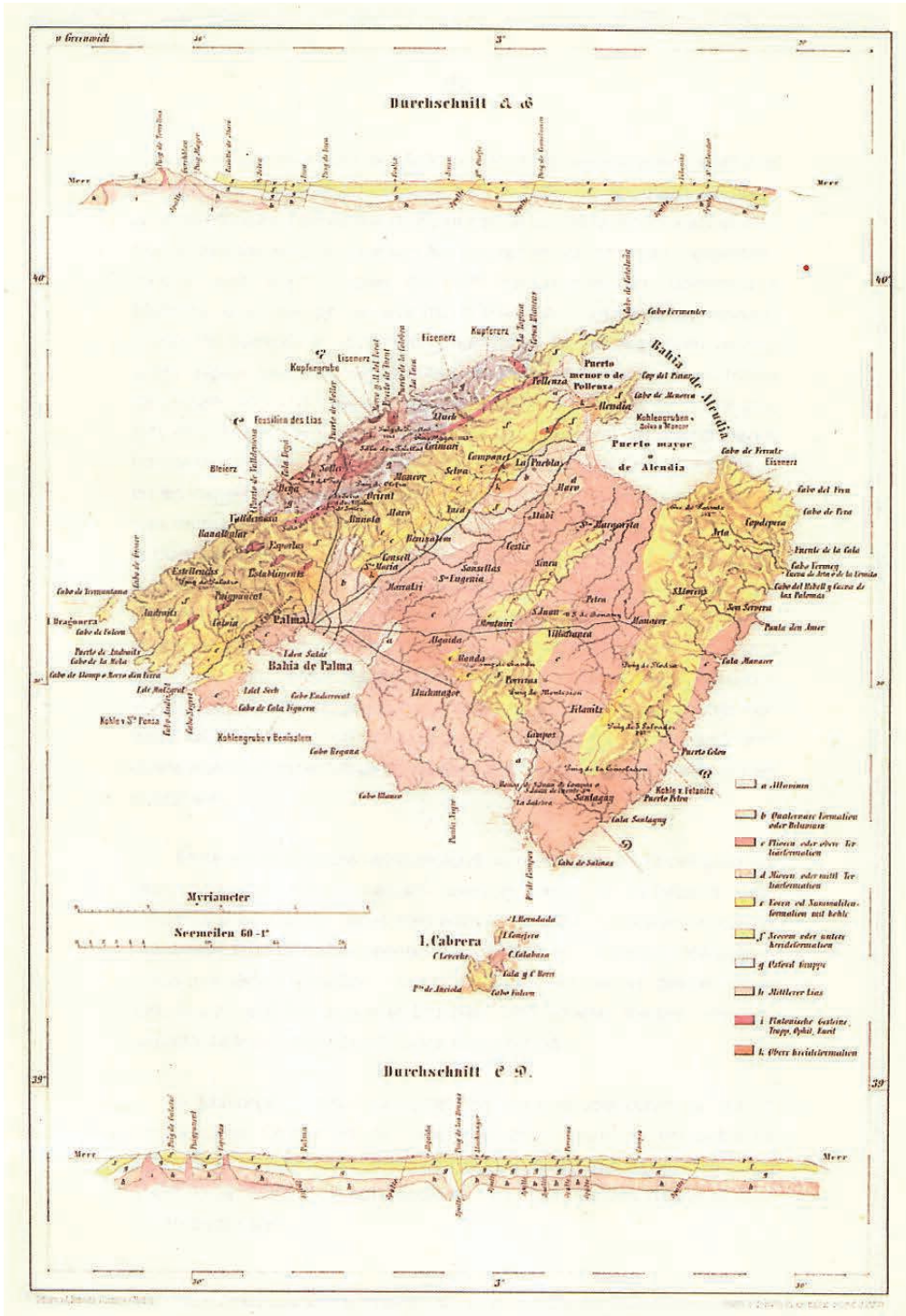


Figura 3 Mapa geològic de Mallorca reproduït per l'arxiduc Ludwig-Salvator al *Die Balearen* i que és una còpia del de P. Bouvij millorada topogràficament.

D'aquests, el primer autor, del qual tenim coneixement i que tracta amb cert aprofundiment, i encara que sigui de biaix algun aspecte de la geologia de Cabrera, és el geòleg acadèmic Henri Hermite (1847-1880). Vengué a les Balears en diverses ocasions amb l'objectiu d'estudiar la geologia de totes les Balears. Durant sis mesos va completar les Gimnèsies, més tard hi va tornar per completar les Pitiüses, però una greu malaltia ja no li deixà concloure el seu objectiu. És destacable d'Hermite que és el primer d'interpretar el promontori balear com a una continuació de les serralades bètiques del sud-est de la Península Ibèrica i deixa de banda el processos ignis en la formació i aixecament dels relleus illencs a diferència dels seus predecessors. A grans trets, deixà establertes les grans unitats estratigràfiques dels dipòsits que trobem a les illes. En la seva tesi doctoral (Hermite, 1879), llegida a la Facultat de Ciències de París el mes de juliol de 1879, cita l'arxipèlag de Cabrera fins a tretze vegades, sia per comentaris d'altres autors, sia per fer noves aportacions. En aquest sentit, Hermite cita per primera vegada la presència de materials eocens (a la zona de la font de l'Olla) caracteritzats per l'aparició de capes amb *Nummulits*. En aquesta unitat hi dedica un gruix substancial de seu estudi, tot comparant-la amb els dipòsits de Mallorca. A diferència de l'illa veïnada, a Cabrera els nivells de l'eocè mitjà no estan tan ben desenvolupats i també hi manquen els dipòsits previs de caràcter lacustre que afloren a la resta d'illes. Tot parlant dels dipòsits cretàtics, hi destaca la presència del neocomià. Hermite, en la mateixa obra, també és el primer autor en aportar informació sobre la presència del miocè superior. Concretament, a la punta de Cala Emboixar, on descriu tot un seguit de capes horitzontals de composició conglomeràtica intercalades amb capes de calcàries azoïques. Tot i així Hermite, malgrat aportar molta informació sobre l'arxipèlag, no inclou l'illa de Cabrera en el seu mapa geològic de Mallorca.

Un altre militar, en aquest cas francès, i molt aficionat a la geologia fou Henri Nolan. Visità les Balears en diverses ocasions i comptà amb el suport de l'Arxiduc. Fruit d'aquestes visites publicà, entre d'altres, alguns treballs que aborden de la geologia de l'arxipèlag. De fet Nolan és el primer que fa un treball monogràfic de geologia que tracta específicament de l'arxipèlag (*Notes préliminaires sur l'île de Cabrera* - Nolan, 1897) i que fou publicat per la *Société Géologique de France*.

Nolan (1895) també és el primer autor que aporta alguna informació sobre l'estructura de l'arxipèlag (encara que en detall no gaire encertada a la llum de l'estat del coneixement actual) i dels seus trets fisiogràfics (Fig. 4). Indica que correspon a la prolongació vers el sud-oest de les Serres de Llevant mallorquines. La seva estratigrafia predominant és del juràssic superior, "titonià", recobert per les calcàries del cretaci inferior o berriasià i, a la vegada, pels materials transgressius eocens. Aquest material cabussarien lleugerament vers el S-SE de manera que correspondrien a una part del flanc d'un plec relacionat amb l'estructura de Serres de Llevant.

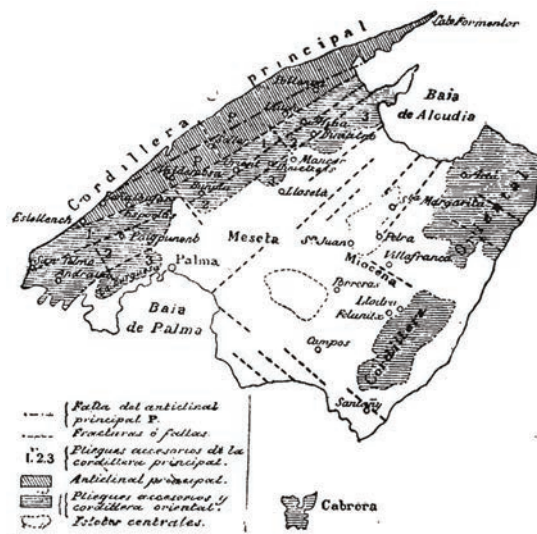


Figura 4 Mapa estructural de l'illa de Mallorca i Cabrera en què s'indica la relació estructural entre les Serres de Llevant i l'arxipèlag (Nolan, 1895).

Nolan (1897) posa en evidència el fet que no hi ha fins aleshores un estudi de conjunt de l'arxipèlag i intenta esbossar els trets bàsics de l'estratigrafia de Cabrera Gran constituïda bàsicament pel *portlandià* en facies "titònica" (juràssic superior) i del cretaci inferior (excepte l'hauterivià) sobre els quals es disposen de forma discordant els terrenys nummulítics (eocè). També cita per primera vegada la presència de materials quaternaris al sud del Port de Cabrera.

LES APORTACIONS DURANT LA PRIMERA MEITAT DEL SEGLE XX

Ja no serà fins al primer quart del segle passat que es reprèn la coneixença geològica de l'illa. S'ha de destacar el fet que dos dels geòlegs coetanis, per ventura dels més importants pel coneixement geològic de l'illa de Mallorca de la primera meitat del segle XX, com són Paul Fallot i Bartomeu Darder, no aportaren cap novetat apreciable al coneixement geològic de l'arxipèlag. És especialment estrany en el cas de Darder, ja que ell treballà intensament a la zona del llevant mallorquí, i publicà el mapa de les Serres de Llevant (Fornós, 2008). En aquesta cartografia geològica, que posteriorment seria la base de la primera cartografia geològica a escala 1:50.000 (IGME, 1958) publicada per l'IGME (*Instituto Geológico y Minero de España*), no hi inclogué la cartografia geològica de l'arxipèlag.

De l'estratigrafia, també se n'ocupà Gómez-Llueca (Fig. 5), qui en un primer treball (Gómez-Llueca, 1920), tot repassant les aportacions anteriors, fa un esbós de l'estratigrafia del conjunt de l'arxipèlag. Aportà algunes dades paleontològiques que modifiquen la cronostratigrafia prèvia, i que amb posterioritat reprendrà (Gómez-Llueca, 1929a) en una altra síntesi on hi afegí un mapa geològic en color.



Figura 5 Federico Gómez Llueca amb José Susaeta a la *Estación de Biología Marina de Santander*.
(Font: *Archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, Madrid).

Aquest mapa és considerat el primer mapa o esbós de mapa geològic complet i detallat de Cabrera. A més, inclou les illes menors de l'arxipèlag, cosa que no faran algunes de les cartografies posteriors. En aquest mapa, Gómez-Llueca hi representa de forma poc detallada una sèrie de taques sense límits massa definits on destaca una gran clapa que indica que l'illa està formada pràcticament per materials del juràssic superior amb una bona aportació dels materials eocens (Fig. 6). Unes petites taques de lias i cretaci completen la presència dels materials mesozoics. El cenozoic hi queda reflectit per unes petites taques de miocè (tot i que prou errònies) i, finalment, cartografia els materials quaternaris en alguns indrets costaners.

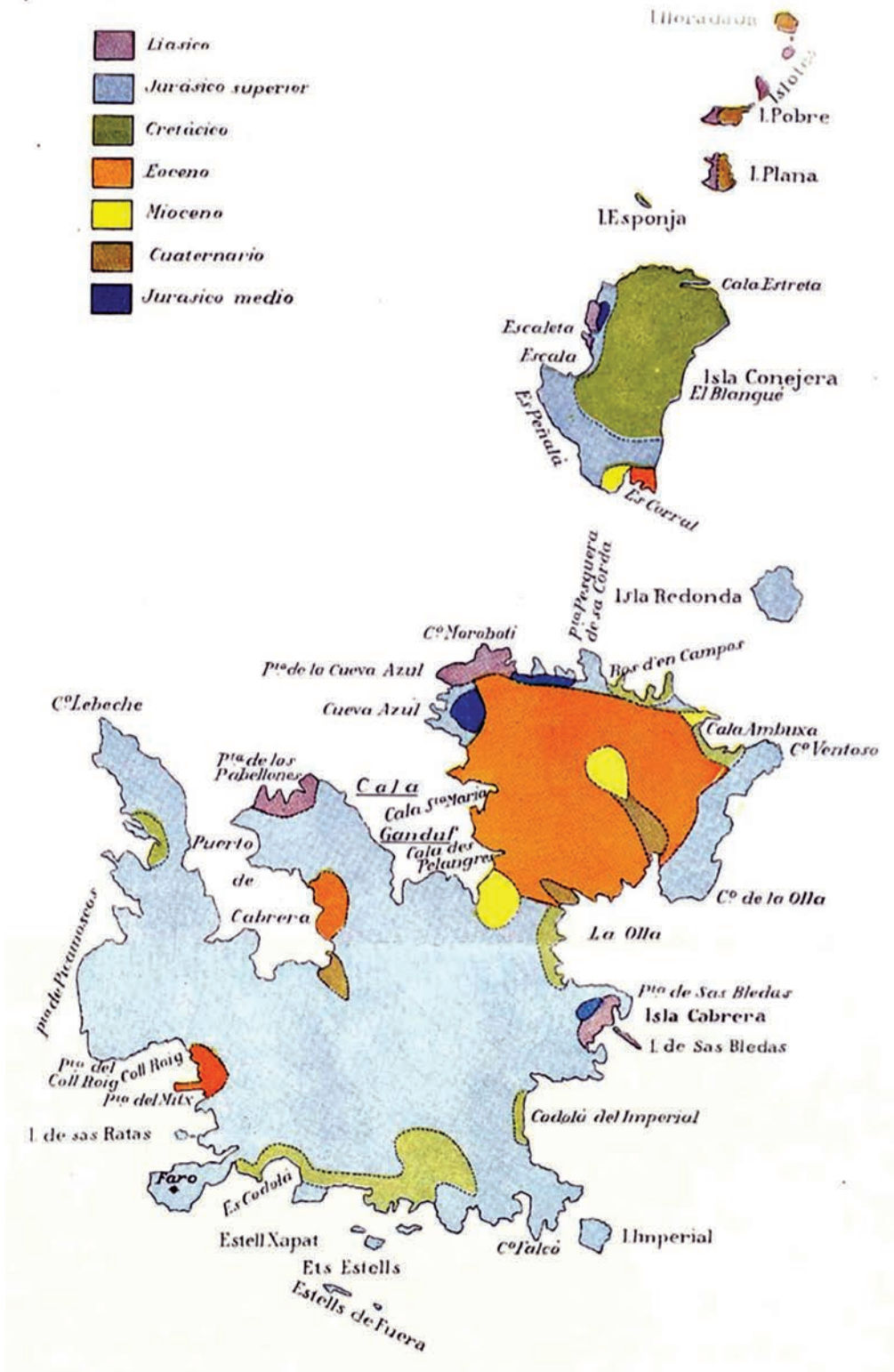


Figura 6 Mapa geològic de Gómez-Llueca (1929a) editat en color publicat per la *Real Sociedad Española de Historia Natural*.

Malgrat la simplicitat del mapa podem considerar que la memòria, en la qual s'inclou, és la primera descripció geològica global de l'arxipèlag amb un cert detall i que, de més a més d'anar acompanyada del mapa geològic en color, hi aporta una gran quantitat de fotografies de paisatge per il·lustrar les diferents unitats i la seva estructura. Més tard, en un tractat de paleontologia sobre els nummulítids de l'Estat espanyol, el mateix autor destacà el registre paleontològic eocènic de Cabrera (Gómez Lluca, 1929b).

LES APORTACIONS DURANT LA SEGONA MEITAT DEL SEGLE XX

Entrant dins del vessant històric, el 1916 l'illa fou expropiada i restà sota la gestió del *Ministerio de Defensa*, fou zona militar des d'aleshores fins a principis del segle XXI. Segurament aquest fet feu que l'illa es mantingués al marge dels focus de recerca geològica, i que les publicacions sobre la geologia de l'illa fossin escadusseres. Deixant de banda alguns treballs molt marginals, no serà fins a l'any 1975 en què es farà un primer intent de confecció del mapa i estudi de detall de la geologia de l'arxipèlag (Fig. 7).

La campanya geològica es desenvolupà sota la direcció de la Universitat de les Illes Balears (aleshores Universitat de Palma de Mallorca) en col·laboració amb el Servei Hidràulic del MOPU (*Ministerio de Obras Públicas*) i com a resultat de la qual es confeigí un mapa i una sèrie de descripcions estratigràfiques i sedimentològiques que només han estat publicades de forma puntual.

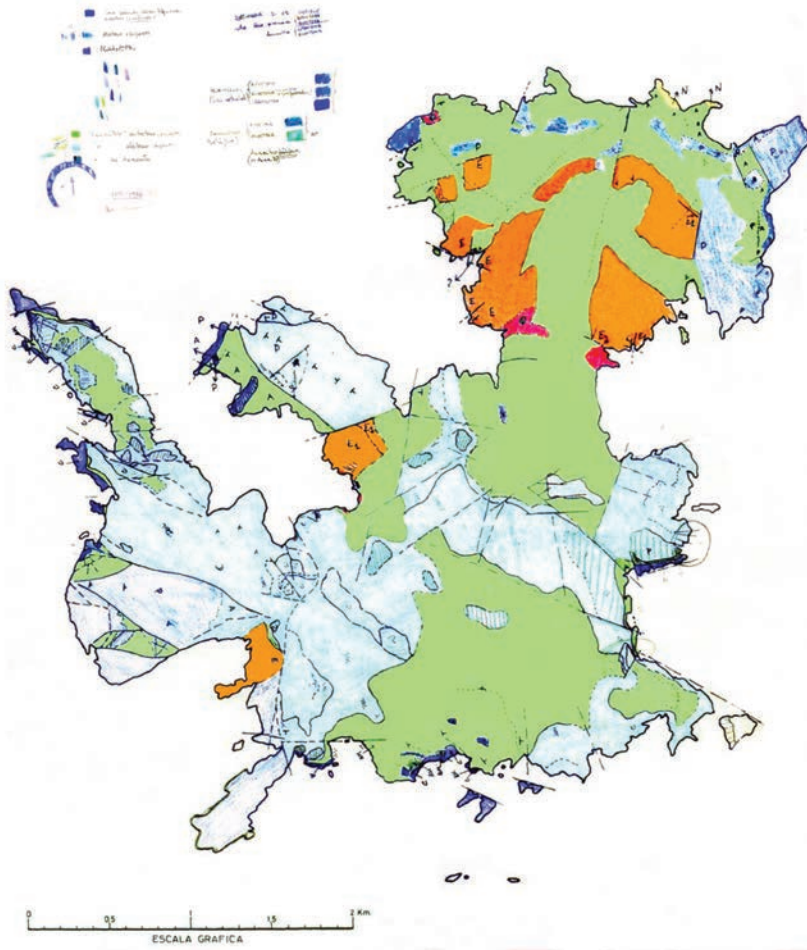
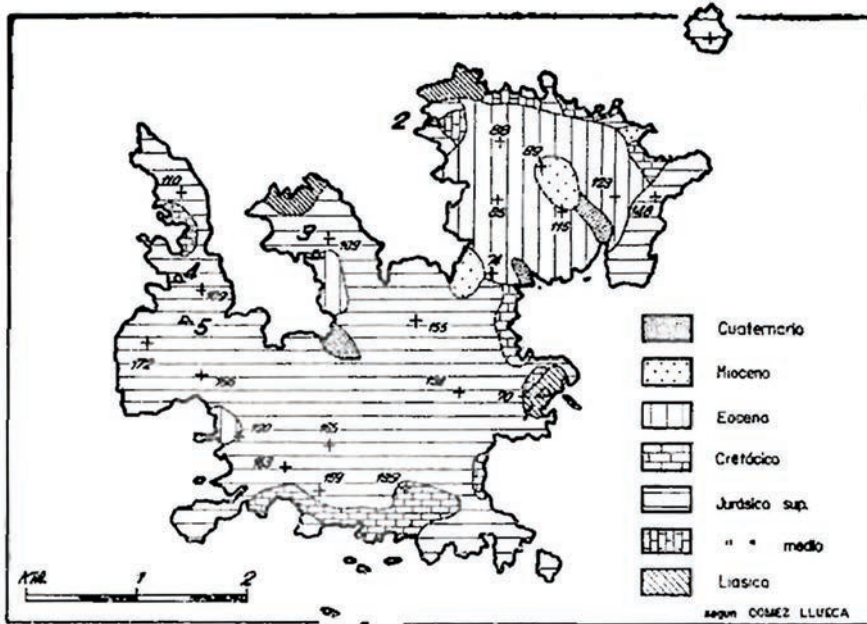


Figura 7 Mapa geològic inèdit de Cabrera resultat de les campanyes a l'illa de Cabrera de la segona meitat dels anys setanta del segle passat.

Tot i que anteriors als treballs de la Universitat de les Illes Balears, val la pena de destacar per ser el primer d'interès dins de la litologia carbonatada de l'illa, el treball de caire geomorfològic de Montoriol (1954) que aborda el carst de Cabrera. L'esmentat treball en que es destaca la naturalesa calcària omnipresent de l'illa, descriu una sèrie de cavitats de les quals en fa la topografia i també inclou un mapa geològic (modificat del de Gómez-Llueca, 1929a) amb la localització de les principals cavitats (Fig. 8) que es descriurà posteriorment. També hi aporta un esbós inicial de la geologia illenca basant-se en els treballs de Gómez Llueca, però sense fer cap observació nova.



**Situación de las cavidades estudiadas: 1 - Cova des Borri. 2 - Cova Brava
3 - Cova des Teatre. 4 - Avenc des Frare. 5 - Forat de Picamosques**

Figura 8 Mapa geològic simplificat basat en el de Gómez-Llueca (1929a) on Montoriol (1954) hi localitza les principals cavitats càrstiques de l'illa.

En la mateixa època s'aporten noves dades de Cabrera dins de l'estudi "*El Cuaternario de las Baleares*" de D. Joan Cuerda (Cuerda, 1975), probablement l'obra magna de l'autor que tindrà una revisió i segona edició uns quants anys més tard (Cuerda, 1989). En aquesta obra, s'hi descrigueren de forma cronològica els diversos afloraments quaternaris de les Balears amb l'enumeració de la fauna catalogada. Cabrera no en queda al marge. No cità cap aflorament del pleistocè inferior ni mig, però sí que dona informació sobre la presència del pleistocè superior al Port de Cabrera i aportà algunes dades sobre la fauna fòssil, entre les quals hi destacarien els gasteròpodes *Mastus pupa* (avui *Chondrula gymnesica*) i *Iberellus companyonii*.

De la campanya del 1975, esmentada anteriorment, en resulta una nova publicació (Cuerda, 1976) en la qual s'hi descriuen nous afloraments de formacions dunars i nous dipòsits marins i terrestres, acompanyats d'un petit esbós estratigràfic (Fig. 9). Els dipòsits quaternaris més antics, que observa, són probablement unes acumulacions eòliques a la zona de La Miranda i a l'interior de l'avenc dels Frares que assignà al pleistocè inferior. Encara que no troba dipòsits marins atribuïbles al pleistocè mitjà, sí que hi descriu la seva presència mitjançant l'observació de diverses rases d'abrasió i acumulacions de bretxes. Concretament, atribuï al pleistocè mitjà la plataforma d'abrasió de sa Punta de sa Corrent i Punta de Cala Emboixar; també al Morro d'en Tià, a l'Olla i enfront de l'illot des Fonoll, entre d'altres. El pleistocè superior en canvi, segons l'autor, hi està ben representat. Tant en jaciments marins com les plataformes d'abrasió a la zona del Port, Cala Ganduf (Cala Santa Maria) Cala Emboixar i Morro d'en Tià, com els dipòsits terrestres del Port de Cabrera, Cala Ganduf (Cala Santa Maria) i l'Olla, a part d'alguns que ja havien estat citats anteriorment

(Gómez-Llueca, 1929a). En aquest treball, hi remarca la similitud amb els dipòsits veïns de la costa mallorquina, així com també amb els de Menorca, tot destacant-hi la desaparició de determinades espècies pel clima fred associat a la darrera glaciació que a la vegada permeté la interrelació de la fauna entre les illes Gimnèsiques, no així amb les Pitiüses amb les quals hi ha una certa diferenciació en la configuració faunística.

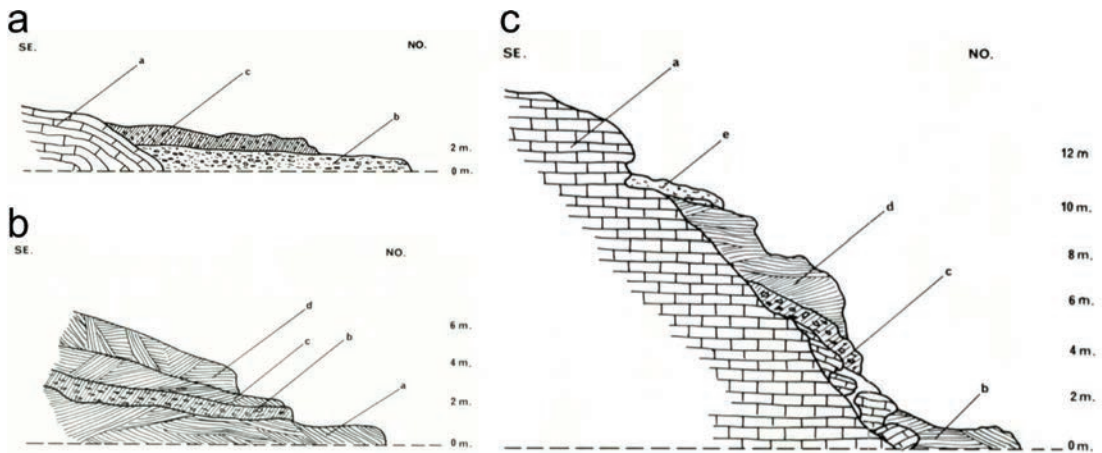


Figura 9 Alguns esquemes estratigràfics del quaternari de D. Juan Cuerda (modificat de Cuerda, 1976). a) Platja de ses Cases (Port de Cabrera), [a: mesozoic, b: platja pleistocena, c: llims arenosos würmians amb *Mastus pupa*]. b) Pedreres de Cala Ganduf (Cala Santa Maria) [a: duna rissiana, b: llims rojos i còdols angulars d'origen torrencial amb *Mastus pupa*, c: duna eutirreniana, d: duna würmiana amb *Mastus pupa*]. c) Secció estratigràfica de Cala Ganduf (Cala Santa Maria) [a: Basament terciari, b: duna rissiana, c: bretxa d'origen torrencial amb *Mastus pupua*, d: duna eutirreniana, e: sediments marins de l'Eutirrenià].

En una de les darreres aportacions de Joan Cuerda, concretament en el seu llibre de recopilació de la fauna pleistocena “*Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno Balear*” (Cuerda, 1987), fa un catàleg sistemàtic ordenat de forma enciclopèdica per grups i espècies de la fauna trobada fins aleshores al pleistocè balear i que acompanya amb un conjunt de làmines molt interessants. En el llibre, hi inclou les espècies trobades als tres jaciments descrits a l'illa de Cabrera (Cala Ganduf/Cala de Santa Maria, Platja de ses Cases i s'Espalmador) que localitzà en un mapa molt simple.

El mateix autor farà més endavant un treball de síntesi específic sobre l'illa de Cabrera (Cuerda, 1993). De fet, Joan Cuerda fou el gestor, donada la seva relació amb l'exèrcit, de les campanyes de cartografia i estudi de l'illa durant els anys 70 i 80 del segle passat.

L'il·lustre micropaleontòleg sollerí Guillem Colom també feu algunes aportacions a la micropaleontologia de l'arxipèlag especialment col·laborant en les determinacions micropaleontològiques de mostres aportades per altres científics, sobretot en referència a materials corresponents al mesozoic. Malgrat tot, dins de la seva extensíssima bibliografia (Mateu, 2003), només hi trobem un treball publicat en solitari, específic sobre l'illa de Cabrera (Colom, 1980) que tracta dels dipòsits del lias inferior, i un altre en col·laboració amb Guillem Mateu i Joan Cuerda sobre els foraminífers plio-pleistocènics (Mateu *et al.*, 1979).

Les darreres aportacions sobre l'estratigrafia i/o paleontologia de l'illa de Cabrera provenen del món acadèmic i universitari i fan referència a aspectes més puntuals, com pugui ser la composició de detall dels dipòsits eocens (López i Serra-Kiel, 1979), o alguns aspectes bioestratigràfics i sedimentològics del període juràssic-cretaci (Arbona *et al.*, 1984/1985). López i Serra-Kiel (1979) descriuen per primera vegada la presència dels gèneres *Alveolina* i *Orbitolina* a part de diverses espècies de *Nummulites* no descrites abans als afloraments paleògens del Port de Cabrera, Coll Roig i Cala Fonoll, i a partir de les quals situen estratigràficament aquests dipòsits com a pertanyents al lutecià i biarritzà (trànsit cap el bartonià). Arbona *et al.*, (1984/1985), per la seva banda hi aporten dades noves sobre l'estratigrafia del mesozoic de Cabrera a partir de les dades recollides en

les campanyes esmentades dels anys 70. Aquests autors, defineixen dos cicles ben diferenciats dins la seqüència mesozoica. L'inferior corresponent al lias es caracteritzat per la presència de calcàries (micrítiques, algals i oolítiques) depositades en un ambient de plataforma que arribarien a donar una edat de carixià (pliensbaquià inferior) present, entre d'altres, a la zona de na Picamosques, es Cap Ventòs o Cap de Llebeig. Aquest cicle estaria separat del superior per un nivell de sòl endurit (*hard ground*), sobre del qual, de forma discordant, es depositaria la seqüència superior molt ben estratificada i formada per margocalcàries i calcàries noduloses amb abundant fauna pelàgica que arribaria fins el cretaci inferior.

Un dels estudis més detallats i sistemàtics correspon a la tesi doctoral d'Emilio Ramos sobre la sedimentologia del paleogen de les Balears (Ramos-Guerrero, 1988). Aquesta tesi inclou un extens apartat sobre l'illa de Cabrera i en dona nombroses noves dades paleontològiques. El seu treball representa la darrera gran aportació al coneixement de l'estratigrafia de l'illa.

La cartografia més interessant i detallada publicada (Fig. 10) és un producte de les campanyes realitzades durant els anys 1983 i 1985 per la Universitat de Barcelona, en coordinació amb la Universitat de les Illes Balears en el marc de la tesi doctoral de Francesc Sàbat (Sàbat, 1986) d'estudi de l'estructura de les Serres de Llevant. En paral·lel es realitzaren les campanyes del full 748/774 del mapa geològic a escala 1:50.000 dins del pla MAGNA del *Instituto Geológico y Minero de España* (Fig. 11) encara que es publicaren amb posterioritat i, on surten, a part de l'estratigrafia, els principals trets estructurals. Aquest mapa va acompanyat d'una memòria explicativa (IGME, 1991).

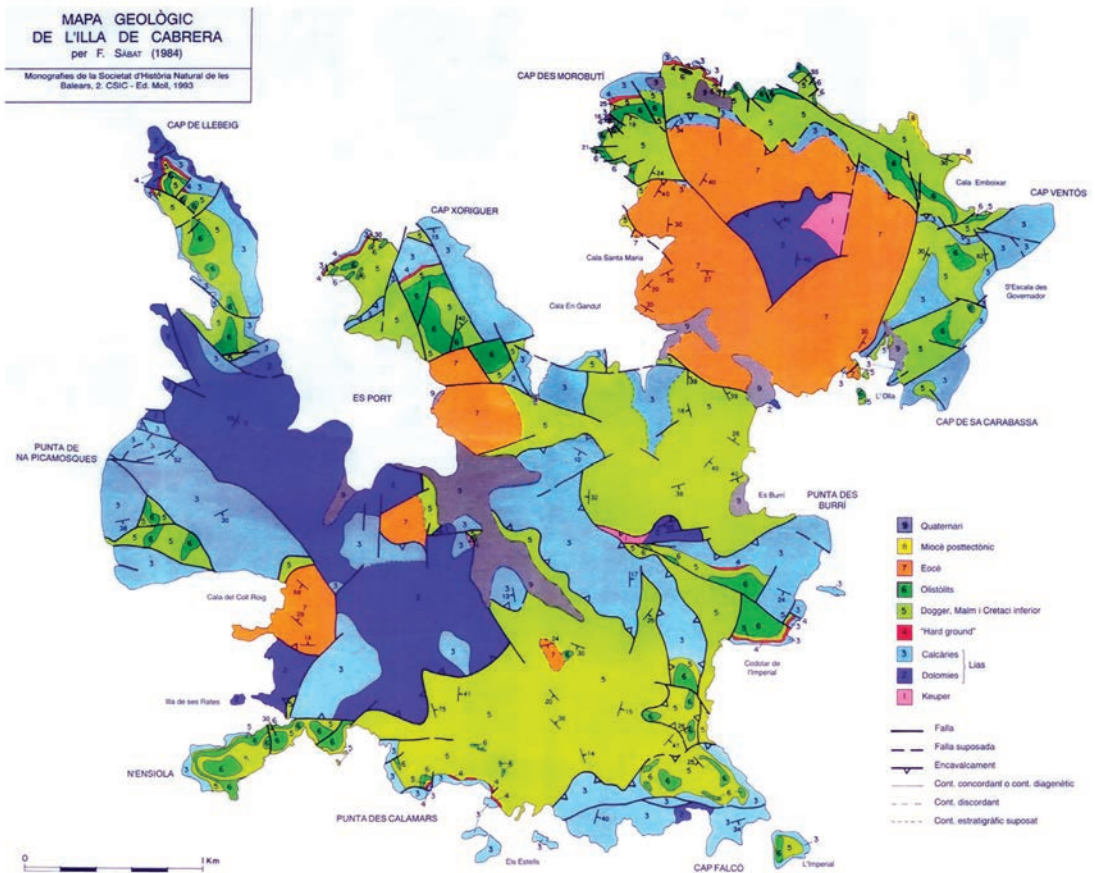


Figura 10 Mapa geològic de l'illa de Cabrera realitzat per Sàbat (1986) en la seva tesi doctoral sobre la geologia de les Serres de Llevant.

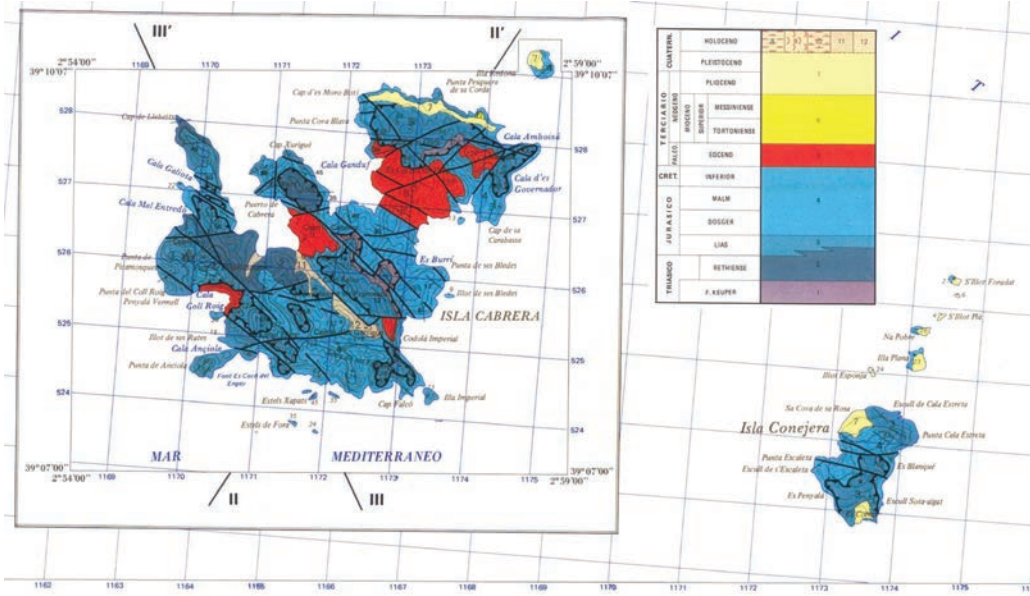


Figura 11 Detall de la fulla 748/774 del mapa geològic de l'arxipèlag de Cabrera publicat per l'IGME (1991) dins del pla MAGNA.

També són relativament recents les descripcions a propòsit dels aspectes estratigràfics i sedimentològics dels petits afloraments neògens, concretament del miocè superior al nord de l'illa de Cabrera i a la part oriental de l'illa dels Conills (Fornós *et al.*, 1983, 1984 b; Fornós i Rodríguez-Perea, 1991).

Coneguda, de forma més o menys general, l'estratigrafia de l'illa des del primer quart del segle XX, pel que fa al reconeixement de l'estructura, els primers treballs no apareixen fins a finals del segle XX ja dins el món pròpiament acadèmic. Es tracta d'una sèrie de treballs emmarcats dins de la tesi doctoral de F. Sàbat de la Universitat de Barcelona a l'entorn de l'estructura de les Serres de Llevant que inclou l'estudi de l'arxipèlag. En els seus treballs, Sàbat i Santanach (1984 i 1985), descriuen dues unitats tectòniques separades per un encavalcament amb un pla de fractura pràcticament horitzontal, on la unitat superior tan sols està formada pels materials del juràssic inferior o lias. Hi destaquen la fracturació distensiva intramesozoica i la possible fracturació també distensiva neògena.

Després del treball de síntesi publicat ara fa ja més de 25 anys sobre la "Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera", per la Societat d'Història Natural de les Balears (Alcover *et al.*, 1993), hi ha un altre treball recopilatori molt més descriptiu que té present de forma detallada cada una de les illes i illots que comprenen l'arxipèlag (Fornós i Sàbat, 1998) i que hi aporta les darreres novetats. De llavors ençà, pràcticament no hi ha hagut cap nova aportació geològica digne de menció. Llevat dels treballs de síntesi global, que fan referència a les Balears en conjunt dins del context de l'Estat espanyol i que evidentment hi inclouen dades sobre l'arxipèlag de Cabrera, com són els publicats per la *Sociedad Geológica de España* (Fornós i Gelabert, 2004) i la *Geological Society* de Londres (Gibbons i Moreno, 2002).

Per acabar, convé comentar que ja en el present segle, s'han publicat alguns llibres de base eminentment divulgativa sobre diversos aspectes ambientals i humans de l'arxipèlag que inclouen, de forma més o menys encertada, temes relacionats amb les ciències de la terra (Fornós, 2000; Robledo *et al.*, 2016). Entre elles, cal destacar la guia geològica recentment publicada per l'*Instituto Geológico y Minero* de España dins de la sèrie de *Guías Geológicas de Parques Nacionales* (Rodríguez-Fernández *et al.*, 2018). Per altra banda, l'Associació de Geòlegs de les Illes Balears (AGEIB) durà a terme una sèrie de noves campanyes de cartografia geològica de l'arxipèlag de la qual s'espera que ben aviat vegi la llum.

AGRAÏMENTS

Són moltes les aportacions fetes i moltes les persones, no tan sols pertanyents al món acadèmic, sinó també diversos naturalistes, que han contribuït des de diversos vessants al coneixement geològic de l'arxipèlag de Cabrera. A tots ells en reconeixement de la seva tasca dedicam aquest treball. Aquesta síntesi és una contribució al projecte de recerca finançat pel MINECO, CGL2016-79246 (AEI-FEDER, UE).

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. Eds. 1993. *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2. 772 pp.
- Arbuna, J.; Fontboté, J.M.; González-Donoso, J.M.; Linares, A.; Olóriz, F.; Pomar, L.; Rivas, P.; Sàbat, F. 1984/1985. Precisiones biostratigràficas y aspectos deimentológicos del Jurásico-Cretácico basal de la Isla de Cabrera (Balears). *Cuadernos de Geología*, 12:169-186.
- Bouvier, P. 1867. *Essai de une description géologique de la isla de Mallorca comparada con las islas y el litoral de la Cuenca occidental del Mediterráneo*. Imprenta Felipe Guasp y Vicens. Palma. 70 pp.
- Colom, G. 1980. Estudios sobre las litofacies y micropaleontología del Lias inferior de la Isla de Cabrera (Balears). *Rev. Esp. de Micropaleontología*, 12(1): 47-64.
- Cuerda, J. 1975. *Los Tiempos cuaternarios en Baleares*. Diputación Provincial de Baleares. Instituto de Estudios Baleáricos. Patronato J.M. Cuadrado. C.S.I.C. 304 pp.
- Cuerda, J. 1976. Nota preliminar sobre el Cuaternario de Cabrera (Balears). *Boletín de la Institución Catalana d'Història Natural (Secció Geologia)*, 40 (1): 45-58.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra", 420 pp. Palma de Mallorca.
- Cuerda, J. 1989. *Los Tiempos cuaternarios en Baleares*. 2ª edició. Direcció General de Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 310 pp.
- Cuerda, J. 1993. Nota sobre el Cuaternario. In: Alcover, J.A.; Ballesteros, E.; Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 117-130.
- Darder, B. 1946. *Història de la coneixença geològica de l'illa de Mallorca*. Editorial Moll, Mallorca. 185 pp.
- Ferrero della Marmora, A. 1834. Observations géologiques sur les deux Iles Baléres Majorque et Minorque. *Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino*, 38: 1-25.
- Fornós, J.J. 2000. Geología. In: *Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera*. P. 21-40. Ed. Esfagnos.
- Fornós, J.J. 2008. *Bartomeu Darder i Pericàs, geòleg i mestre*. La Ciència a les Illes Balears, 6. Govern Balear. 329 pp.
- Fornós, J.J. 2015. L'establiment de la Geologia moderna a les Balears i la seva internacionalització. In: Vidal, J.M. i Moll, I. eds. *Història de la Ciència a les Illes Balears*, V: 101-129.
- Fornós, J.J. i Gelabert, B. Eds. 2004. 4.7 Balears. In: Vera, J.A. *Geología de España*. Sociedad Geológica de España-IGME. pp. 450-464.
- Fornós, J.J. i Rodríguez-Perea, A. 1991. El Miocè superior a l'Illa des Conills (Arxipèlag de Cabrera). *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 34: 65-68.
- Fornós, J.J. i Sàbat, F. 1998. Aspectes geològics de l'Arxipèlag de Cabrera. In Fornós, J.J. (ed.). *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears. Servei de Publicacions. Pp. 67-93.
- Fornós, J.J., Pomar, L. i Rodríguez-Perea, A. 1983. Depósitos marinos litorales y de abanico aluvial del Mioceno de la Isla de Cabrera. *Comunicaciones del X Congreso Nacional de Sedimentología (Menorca)*: 7.32-7.35.
- Fornós, J.J., Pomar, L. i Rodríguez-Perea, A. 1984. A composite sequence of alluvial fan, coastal, and sea-cliff deposits in the Upper Miocene of the Cabrera Island (Balearics, Spain). *Publicaciones de Geología (Homenaje a Luis Sánchez de la Torre)*, 20: 85-95. Univ. Autònoma de Barcelona.
- Gibbons, W. i Moreno, T. Eds. 2002. *The Geology of Spain*. The Geological Society, London. 649 pp.
- Gómez-Llueca, M.F. 1920. Sur la geologie de Cabrera, Conejera et autres Iles voisines. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 171: 1158-1160.
- Gómez-Llueca, M.F. 1929a. Contribución al conocimiento de la geología de las islas de Cabrera. *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 15: 85-103.
- Gómez-Llueca, M.F. 1929b. *Los Nummulitidos de España*. Comis. Invst. Paleont. y Prehist. Mem., 36. 400 pp. Mus. Nac. Ciencias Naturales.
- Habsburg-Lothringen, L.S. 1869-1890. *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Leipzig: F.A. Brockhaus.
- Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les îles Baléares. Première partie. Majorque et Minorque*, Paris, F. Pichon Imprimeur. F. Savy Éditeur. 357 pp.
- IGME, 1958. *Mapa Geológico de España*. Escala 1: 50.000. (Publicats entre els anys 1961 i 1963). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- IGME, 1991. *Mapa Geológico de España*. Escala 1:50.000. Isla Conejera y Cabrera (748/774). Instituto Tecnológico

- Geominero de España. Madrid. 41 pp. + mapa.
- López, C. i Serra-Kiel, J. 1979. "Noves dades sobre l'Eocè de l'illa de Cabrera (Balears)". *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 23: 181-195.
- Mateu, G. 2003. *Guillem Colom Casasnovas, naturalista i geòleg: Pioner i mestre de la micropaleontologia espanyola*. Universitat de les Illes Balears. 118 pp.
- Mateu, G. Colom, G. i Cuerda, J. 1979. Los foraminíferos Plio-pleistocénicos de la isla de Cabrera (Balears) y las condiciones paleoecológicas del antiguo mar Balear (Contribución a su conocimiento). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 23: 51-68.
- Montoriol, J. 1954. El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 13: 33 pp. Oviedo.
- Nolan, H. 1895. Structure géologique d'ensemble de l'archipel Baléare. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3ème série, 23: 76-91.
- Nolan, H. 1897. "Notice préliminaire sur l'île de Cabrera (Baléares)." *Bull. Soc. Geol. France*, 3ème série, 25: 303-305.
- Ramos-Guerrero, E. 1988. *El Paleógeno de las Baleares*. Tesi Doctoral. Univ. Illes Balears i Univ Barcelona. 219 pp. 3 vols.
- Robledo, P.A. (ed.) 2016. *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. 384 pp.
- Rodríguez-Fernández, R. (Ed); Martínez-Rius, A.; Pedrera, A. i Gordiola, P. 2018. *Guía geológica. Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera*. IGME. 203 pp.
- Rosselló-Verger, V.M. 2011. La Geologia de les Illes Balears abans de 1876. In: Vidal, J.M. i Moll, I. eds. *Història de la Ciència a les Illes Balears*, IV: 123-136.
- Sàbat, F. 1986. *Estructura Geològica de les Serres de Llevant de Mallorca (Balears)*. Tesi Doctoral de ls Universitat de Barcelona. Inèdita. 2 vols.
- Sàbat, F. i Santanach, P. 1984. "Tectònica extensiva d'edat juràssica a l'illa de Cabrera (Balears)". *Acta Geol. Hispànica*, 19: 227-234.
- Sàbat, F. i Santanach, P. 1985. "Unitats estructurals de l'illa de Cabrera (Balears)". *Rev. d'Invest. Geol.*, 41: 111-121.



SISTEMES NATURALS MARINS

COMUNITATS PELÀGIQUES I ESTUDIS SOBRE PROCESSOS D'EXPORTACIÓ I RETENCIÓ LARVÀRIA A L'ENTORN DEL PARC NACIONAL MARÍTIM-TERRESTRE DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA (PNMTAC)

**Francesc Xavier
Alemany**

IEO
Centre Oceanogràfic
de les Illes Balears

francisco.alemany@iccat.int

**Asvin
P. Torres**

Direcció General de
Pesca i Medi Marí,
Govern de
les Illes Balears

**Patricia
Reglero**

**Catalina
Mena**

**Mari Luz Fernández
de Puellas**

**Rosa
Balbín**

IEO
Centre Oceanogràfic
de les Illes Balears

**Diego
Álvarez-Berastegui**

**Itziar
Álvarez**

**David
Macías**

**Melissa
Martín**

**Carme
Ferrà**

**Maria
Valls**

**José María
Rodríguez**

IEO
Centre Oceanogràfic
de les Illes Balears

IEO
Centro Oceanográfico
de Gijón

Alemany, F.X., Torres, A.T., Reglero, P., Mena, C., Fernández de Puellas, M.L., Balbín, R., Álvarez-Berastegui, D., Álvarez, I., Macías, D., Martín, M., Ferrà, C., Valls, M i Rodríguez, J.M. (2020). In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

La creació i el seguiment de les àrees marines protegides generalment s'ha dut a terme sense tenir en compte la natura tridimensional i oberta del medi marí, ni la dispersió planctònica o la hidrodinàmica, que determinen la composició, estructura, distribució i dinàmica de les comunitats. El PNMTAC no va ser una excepció. Avui en dia ja es disposa d'informació acurada sobre el seu entorn hidrogràfic, les comunitats pelàgiques, i fins i tot, sobre els processos d'exportació i retenció larvària a l'interior del PNMTAC, crucials per a una gestió correcta.

Aquest capítol descriu l'actual estat de coneixement de les comunitats pelàgiques a l'entorn del PNMTAC, explicant prèviament les estratègies de mostratge dels principals programes i projectes d'investigació realitzats als darrers 25 anys. Es resumeixen els principals resultats i conclusions dels estudis sobre les comunitats que habiten a la columna d'aigua, des de bacteris a grans peixos pelàgics, posant especial atenció als processos que afecten la dinàmica espai-temporal del meroplàncton (ous i larves d'organismes marins). És de destacar la gran biodiversitat en molts grups taxonòmics, similar a la de zones subtropicals. Es dona un cicle anual en la composició de les diferents comunitats, amb dos períodes ben diferenciats: un de mescla de la columna d'aigua, més productiu, i un altre amb una forta estratificació (termoclina) que limita els moviments verticals. No obstant, s'observa una gran variabilitat a les comunitats pelàgiques associada a les masses d'aigua superficial, sigui les d'origen atlàntic o les residents mediterrànies.

Quant als processos d'exportació i retenció larvària al PNMTAC, depenen majoritàriament d'una combinació de processos de retenció efímers (depenents del vent i la topografia) i de la distribució inicial i l'evolució del comportament de les larves al llarg de l'ontogènia. Les poblacions íctiques del PNMTAC es mantenen de forma autosuficient gràcies a l'autoreclutament.

Paraules Clau: *Comunitats pelàgiques, picoplàncton, fitoplàncton, mesozoplàncton, meroplàncton, petits pelàgics, mitjans i grans pelàgics, exportació larvària, retenció larvària, distribució vertical, autoreclutament, arxipèlag de Cabrera*

ABSTRACT

The creation and delimitation of marine protected areas has generally been carried out without considering the three-dimensional and open nature of the marine environment, neither planktonic dispersion or the hydrodynamics, which determine the composition, structure, distribution and dynamics of the communities. The Maritime-Land National Park of the Cabrera Archipelago (MLNPCA) was not an exception. Nowadays, accurate information on its hydrographic environment, pelagic communities, and even on the processes of export and larval retention inside the MLNPCA, is crucial for the correct management.

This chapter describes the current state of knowledge of the pelagic communities in the MLNPCA environment, previously explaining the sampling strategies of the main programs and research projects carried out in the last 25 years. The main results and conclusions of the studies on the communities that inhabit the water column, from bacteria to large pelagic fish, are summarized, paying special attention to the processes that affect the spatio-temporal dynamics of meroplankton (eggs and larvae of marine organisms). It is worth highlighting the great biodiversity observed in many taxonomic groups, similar to subtropical areas. An annual cycle is given in the composition of the different communities, with two well differentiated periods: one of a mixture water column, more productive, and another with a strong stratification (thermocline) that limits the vertical movements. However, there is a great variability in the pelagic communities, associated with surface water bodies, whether those of Atlantic origin or Mediterranean residents.

As regards the processes of export and larval retention in the MLNPCA, they depend mostly on a combination of ephemeral retention processes (dependent on the wind and topography), and on the initial distribution and evolution of the behavior of larvae along the ontogeny. The fish populations of MLNPCA are maintained self-sufficiently because of self-recruitment.

Key words: *Pelagic communities, picoplankton, phytoplankton, mesozooplankton, meroplankton, small pelagic, medium and large pelagic, larval export, larval retention, vertical distribution, self-recruitment, archipelago of Cabrera*

INTRODUCCIÓ

Un dels principals objectius de les àrees marines protegides (AMP) es la conservació de la biodiversitat, però les decisions concretes sobre mesures de protecció espacial sovint es prenen des d'un punt de vista que podria qualificar-se de reduccionista, considerant només la presència d'espècies emblemàtiques o d'hàbitats determinats. A més, malgrat algunes AMP s'han establert a zones de mar oberta per protegir espècies pelàgiques, la gran majoria es troben a zones costaneres i s'han dissenyat tenint en compte la distribució d'organismes, sèssils o demersals, d'hàbitats bentònics, oblidant la importància de la natura dinàmica i tridimensional del medi marí, on la columna d'aigua no és només l'entorn on es produeixen processos essencials per a les comunitats demersals, sinó que és també un espai estructurat, on es defineixen diferents hàbitats depenent de multitud de variables (temperatura, fondària, llum, fluxos, característiques químiques, etc.) i on viuen comunitats d'organismes de tot tipus, des de virus i bacteries fins a grans vertebrats, que juguen un paper fonamental en el conjunt de l'ecosistema. També les AMP orientades a la protecció de recursos pesquers, en general de caràcter demersal, es solen delimitar per l'existència de zones on es detecta la presència de fases clau del cicle vital d'espècies objectiu, com les de posta o d'alevinatge, però des d'una aproximació estàtica, sense tenir en compte l'entorn hidrodinàmic que conforma les característiques d'aquestes àrees ni els processos que determinen la concentració o dispersió dels organismes, obviant així la naturalesa intrínsecament oberta dels ecosistemes marins.

Així, no és estrany que a la bibliografia derivada d'estudis realitzats a AMPs es doni un gran desequilibri entre la informació generada sobre comunitats bentòniques i pelàgiques, clarament a favor de la primera. En el cas de Cabrera, com a Parc Nacional Marítim-Terrestre (PNMTAC), la baixa proporció d'estudis dirigits específicament a comunitats pelàgiques és encara més patent. Un

bon exemple n'és l'anterior monografia sobre Cabrera editada per la SBHN (Alcover *et al.*, 1993), on només un dels 32 capítols es dedica al medi pelàgic, combinant informació sobre hidrografia i comunitats planctòniques (Vives, 1993). En aquest capítol només es cita un estudi amb mostrejos realitzats dins del PNMTAC i és un treball sobre comunitats fitoplanctòniques (Riera i Blasco, 1967) on s'analitzaren mostres d'aigües superficials, que va descriure per primera vegada a la zona les comunitats de pico i nanoplàncton, cocolitofòrids, dinoflagel·lats i diatomees. Per completar la informació sobre les comunitats planctòniques que podrien trobar-se al PNMTAC, l'autor va sintetitzar diversos estudis de planctologia realitzats al Mar Balear, especialment a la badia de Palma, considerant-los extrapolables a l'arxipèlag de Cabrera. Vives (1993) presenta també dades oceanogràfiques concretes, tant de paràmetres físics com de comunitats fitoplanctòniques, d'una estació situada a 6 milles a l'est de l'arxipèlag, mostrejada en una sèrie de vuit campanyes hidrogràfico-planctòniques realitzades entre 1985 i 1988 (Moyà *et al.*, 1989). Les campanyes van permetre una primera caracterització hidrogràfica del medi pelàgic a l'entorn del PNMTAC, en la que, com a tret més significatiu, es destacà la influència sobre l'arxipèlag de Cabrera de l'arribada de masses d'aigua superficial de recent origen atlàntic (López-Jurado, 1990).

Aquests treballs pioners van aportar una primera idea sobre el medi pelàgic a l'entorn del PNMTAC, però és evident que existien encara importants llacunes de coneixement. La manca d'informació detallada sobre les comunitats i el medi pelàgic suposa un dèficit important per a la gestió de qualsevol AMP, perquè les característiques hidrogràfiques i hidrodinàmiques de les masses d'aigua, els processos de producció a la columna d'aigua i l'estructura de les comunitats pelàgiques, i la seva interacció amb les espècies bentòniques, són fonamentals per entendre la dinàmica global de l'ecosistema. A més, processos crucials per a la majoria d'espècies demersals, com la dispersió de larves o propàguls, tenen lloc al medi pelàgic i estan modulats per les comunitats que l'habiten. De fet, un dels processos que teòricament justifica la creació de reserves marines pesqueres és el d'exportació de larves des de les zones de reserva als voltants (Planes *et al.*, 2000), perquè l'increment de la densitat i talla dels individus reproductors suposa multiplicar la producció d'ous i larves (Kamler, 1992; Bohnsack, 1992) que poden dispersar-se cap a les zones veïnes (Jennings, 2001).

Així, per a una correcta gestió, és imprescindible conèixer els processos de dispersió i/o concentració larvària, o d'autoreclutament, que controlen la sostenibilitat de les poblacions presents dins de les AMPs i que aquestes serveixin de zones de refugi de reclutes provinents d'altres àrees. De fet, el desconeixement de la dinàmica marina a les AMPs i el seu entorn i de la seva interacció amb les distintes espècies, és uns dels majors obstacles per avaluar l'eficàcia de les reserves (Menge, 1992). Per això, els estudis sobre l'ecologia de les fases dispersives larvàries, que en la gran majoria a d'organismes marins són planctòniques, i els de connectivitat se consideren un element crucial per a la gestió de les AMPs (Roberts, 1997; Jones *et al.*, 1999; Cowen *et al.*, 2000; Crowder *et al.*, 2000). En aquesta línia ha emergit un nou concepte, el de les xarxes d'AMPs, on es preten, mitjançant la connectivitat entre les distintes àrees protegides, assegurar la conservació de la biodiversitat preservant el funcionament de l'ecosistema a gran escala (Boero *et al.*, 2016).

Afortunadament, el grau de coneixement del medi pelàgic en general i de les comunitats que l'habiten a la mar Balear, inclòs l'entorn de l'arxipèlag de Cabrera, ha millorat molt els últims 25 anys, gràcies, principalment, a la creació i consolidació a les Illes de diversos grups d'investigació que n'han dut a terme nombrosos estudis, tant d'oceanografia física, on s'ha incrementat progressivament l'ús de noves metodologies de mostreig o registre de variables ambientals i la capacitat de processament informàtic, que ha permès desenvolupar models hidrodinàmics cada cop més complets i precisos, com en l'àmbit de les comunitats biològiques, mostrejades també amb més precisió amb metodologies novedoses (rosetes de botelles Niskin, xarxes planctòniques múltiples de tancament seqüencial, que permeten un mostreig estratificat al llarg de la columna d'aigua), la qual cosa ha permès caracteritzar les comunitats pelàgiques planctòniques i micronectòniques de forma més acurada i entendre els factors que en condicionen la dinàmica espacial i temporal. No tan sols ha millorat significativament la quantitat i qualitat de la informació sobre el medi pelàgic al voltant de l'arxipèlag de Cabrera, sinó que s'han dut a terme projectes d'investigació dirigits específicament a caracteritzar els processos de dispersió i retenció larvària al PNMTAC.

És impossible resumir en un sol capítol la informació generada per aquests projectes, publicada a desenes d'articles. Així, aquest capítol es centra, en primer lloc i a l'apartat de material i mètodes, en la descripció de les estratègies i metodologies de mostratge dels programes i projectes, executats els darrers 25 anys, rellevants per a la caracterització de les comunitats pelàgiques a l'entorn del PNMTAC; s'aporten les referències bibliogràfiques que permetin aprofundir en les metodologies d'anàlisi de mostres i dades i es presta especial atenció a projectes dirigits a l'estudi de la connectivitat de les comunitats de la zona protegida. Posteriorment, es sintetitzen els principals resultats i conclusions dels estudis sobre l'estructura i l'evolució temporal de les comunitats pelàgiques a l'entorn de Cabrera, posant atenció als processos de retenció i dispersió larvària, tant per la seva importància per a la gestió de les AMPs com per ser els projectes en el marc dels quals s'ha mostrejat a l'interior del PNMTAC.

La comprensió dels processos que determinen l'estructura i la dinàmica espacial i temporal de les comunitats pelàgiques implica inevitablement tenir en compte l'escenari hidrogràfic i hidrodinàmic, però atès que els principals avanços en la matèria ja es recullen a un altre capítol d'aquesta Monografia, només es presenten de forma molt resumida les metodologies i els principals resultats d'aquests estudis d'oceanografia física.

MATERIAL I MÈTODES

PROJECTES I PROGRAMES D'INVESTIGACIÓ MÉS RELLEVANTS PER A LA CARACTERITZACIÓ DE LES COMUNITATS PELÀGIQUES A L'ENTORN DEL PNMTAC DUTS A TERME ALS DARRERS 25 ANYS

Programes de seguiment de comunitats planctòniques del Institut Espanyol d'Oceanografia - IEO (hidrografia, fito i mesozooplàncton)

Investigadors del Centre Oceanogràfic de Balears (IEO) han fet seguiments regulars de les comunitats planctòniques al sud de Mallorca des dels anys 70 del passat segle, en especial a la badia de Palma. A l'anterior Monografia (Vives, 1993) ja s'incorporaren dades dels programes de les dècades dels 70 i 80. Malgrat això, fins els anys 90 no s'implementaren programes de llarga durada i alta resolució temporal. Les metadades d'aquests projectes es recullen a l'Atlas de Biodiversidad Marina del Mar Balear" (<http://www.ba.ieo.es/bioatlasmarino/>).

Els programes més rellevants per caracteritzar les comunitats micro i mesozooplànctòniques, per la informació proporcionada sobre l'estructura i la dinàmica temporal d'aquestes comunitats, van ser RADBAL i ECOBALEARES, on s'analitzaren els patrons estacionals i la variabilitat interanual de temperatura, salinitat, nutrients, concentració de clorofil·la i abundància i estructura de les poblacions zooplànctòniques a partir de mostres recollides cada deu dies entre 1993 i 2003 a una estació costanera situada al canal de Mallorca, una zona amb ampla variabilitat hidrogràfica. A més, entre agost de 2000 i setembre de 2001 es va fer un estudi exhaustiu de la comunitat fitoplanctònica. La variabilitat de mesoescala va ser estudiada pel mostreig mensual, entre 1994 i 1999, d'un transecte perpendicular a la costa, del qual formava part l'estació costanera esmentada abans. Aquests programes han proporcionat una de les sèries temporals sobre comunitats zooplànctòniques més completes de la regió mediterrània (Berline *et al.*, 2012). La localització de les estacions s'indica a la Fig. 1, i estaven situades sobre les isòbates de 75, 100 i 200 metres, respectivament. A cada estació es recolliren mostres d'aigua amb botelles Niskin per a anàlisis fisicoquímiques i biològiques a les fondàries de 5, 15, 25, 50 i 75 m a l'estació 1, també a 100 m a la 2 i addicionalment a 125, 150 i 200 m a la 3, i a més es va realitzar un perfil hidrogràfic amb un CTD Seabird 19. Les mostres de zooplàncton es van prendre mitjançant pesques obliqües entre uns metres sobre el fons i la superfície amb xarxes dobles tipus Bongo de 20 cm de diàmetre, equipades amb malles de 250 i 100 micres de llum. El detall sobre les metodologies de mostreig i analítiques es pot consultar a Fernández de Puelles *et al.*, (2007) i Valencia (2013).

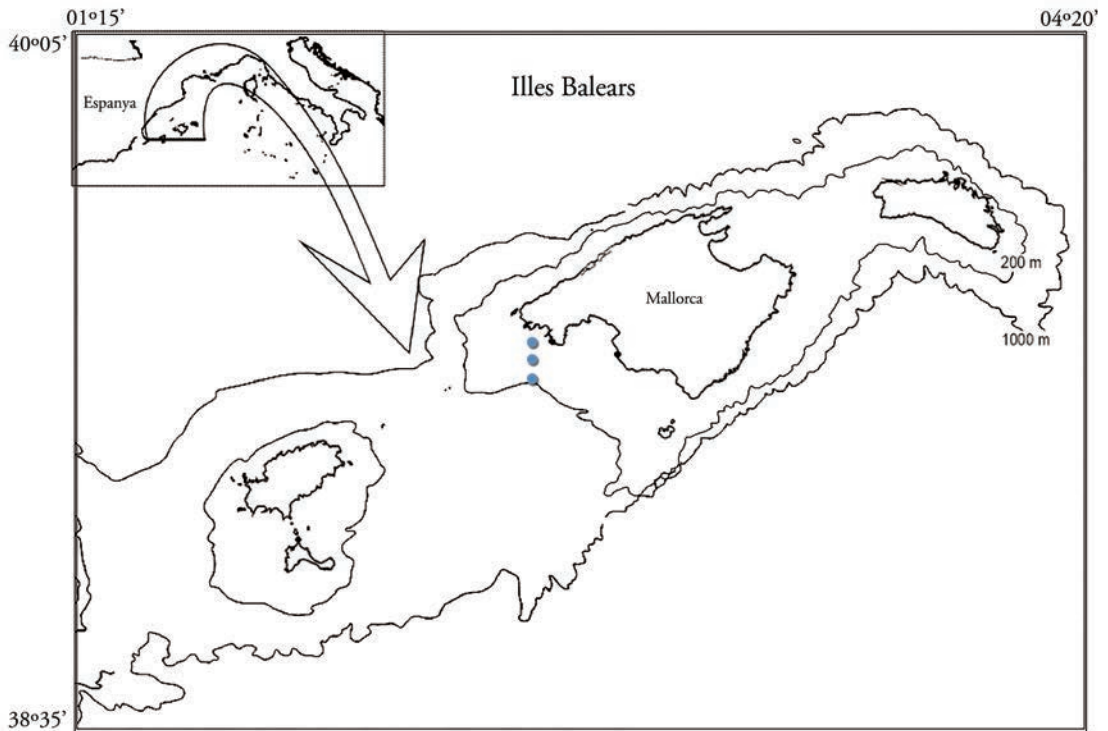


Figura 1. Localització de les estacions costaneres (St. 1) i de plataforma més profunda (St. 2 i St. 3) mostrejades durant els períodes 1994–2003 i 1994 -1999 en els programes RADBAL i ECOBALEARES, respectivament.

Programes d'ictioplàncton: Projecte CORY (hidrografia, comunitats epipelàgiques i ictioplàncton)

En el marc d'un projecte europeu sobre la llampuga (CORY, DG XIV proposta 95/73), l'any 1996 es van dur a terme dues campanyes ictioplànctòniques per estudiar l'ecologia larvària de l'espècie. Uns anys abans, una sèrie de campanyes hidrogràfico-planctòniques a la mar Balear anomenades BALEARES (Vives, 1993) ja havia permès la caracterització general de les comunitats ictioplànctòniques a l'entorn del Cabrera, però les noves campanyes, denominades LARVI 06-96 i LARVI 08-96, la darrera duta a terme prop del NE del PNMTAC, en milloraren significativament el coneixement: la combinació d'estratègia i metodologia de mostreig, basada en una malla densa d'estacions i l'ús de roseta hidrogràfica, va permetre analitzar en profunditat, per primera vegada a la zona, la influència dels paràmetres ambientals en la conformació i distribució espacial de les comunitats larvàries (Alemany *et al.*, 2006). També per primera vegada a l'àrea s'empraren patins neustònics per capturar larves de peixos, i es poderen capturar un gran nombre de larves de túnids i d'altres grans pelàgics, com peix espasa o agulla imperial. Aquests estudis confirmaren que la mar Balear era una zona de posta preferent per a quasi tots els grans pelàgics presents al Mediterrani Occidental i, fins a cert punt, inspiraren el llançament per l'IEO l'any 2001 del programa TUNIBAL, un ambiciós programa de seguiment de larves de túnids i altres grans pelàgics a la zona.

A les campanyes LARVI es mostrejaren dues àrees, una en juny a l'oest d'Andratx i l'altre a l'est de Mallorca, a l'alçada de Portocolom. El nombre i situació de les estacions s'indica a la Fig. 2. A totes les estacions es determinà el perfil vertical de temperatura i salinitat entre 250 m de fondària i superfície mitjançant un CTD Seabird 25, muntat a una roseta hidrogràfica equipada amb botelles Niskin per a determinació de nutrients, clorofil·les i oxigen dissolt. També es va realitzar una pesca doble obliqua amb una xarxa doble tipus Bongo, de 40 cm de diàmetre de boca, equipada amb malles

de 333 micres. A més, es recolliren mostres de plàncton superficial amb un patí neustònic equipat amb tres xarxes, mostrejant els nivells de 0 a 0,5 m, de 0,5 a 1 m i de 1 a 1,5 m, respectivament. Es poden consultar detalls sobre la metodologia a *Alemany et al.*, (2006). També es va realitzar entre maig de 1995 i febrer de 1997 un seguiment de les comunitats epipelàgiques a la zona del talús de l'est de Mallorca, al NE del PNMTAC, mitjançant 83 pesques prop d'objectes flotants i a zones control properes, amb una xarxa experimental similar a la utilitzada en la pesca comercial de la llampuga, però de menor mida i amb una llum de malla de 2 mm, així com 54 pesques amb llampuguera estàndard entre agost i desembre de 1995 i 1996. Els detalls metodològics són a *Massutí et al.*, (1999) i *Deudero et al.*, (1999).

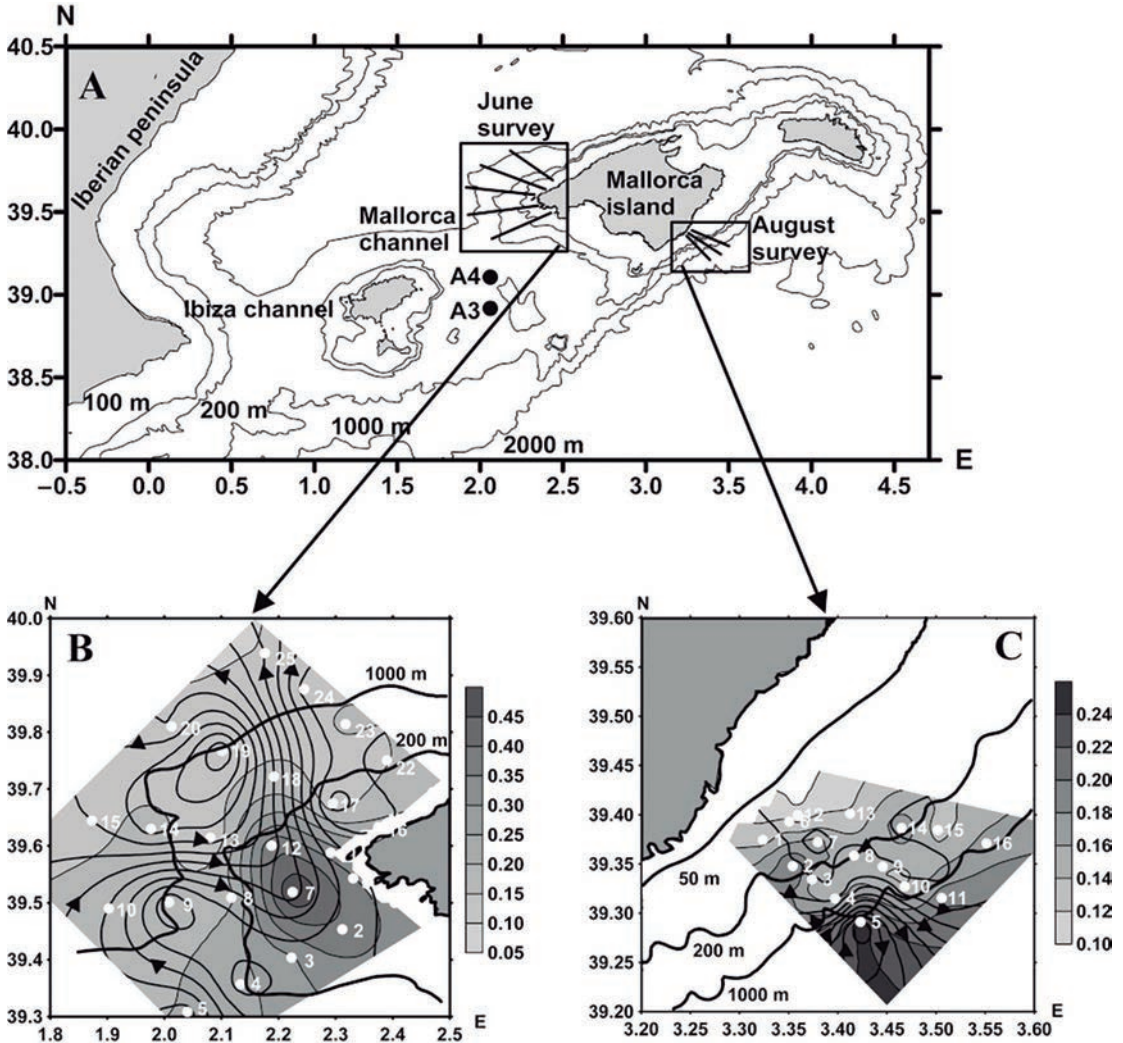


Figura 2. Situació de les estacions de les campanyes del projecte CORY (*Alemany et al.*, 2006).

Programes d'ecologia larvària, com els: projectes Tunibal I i II, projecte Ictiomed, projecte Balears, Projecte ATAME, projecte Bluefin, projecte Ecolatun (hidrografia)

El programa Tunibal, centrat en l'estudi de la ecologia larvària dels grans pelàgics a la mar Balear s'inicià l'any 2001 com un projecte intern del IEO en resposta a la petició de l'ICCAT de millorar el coneixement de l'ecologia de la tonyina, aleshores en una situació crítica. Per la concatenació

de diversos projectes competitiu (Tunibal II, ATAME i ECOLATUN), interns de l'IEO (Tunibal i ICTIOMED) o fruit de la col·laboració amb el SOCIB (BLUEFIN i BLUEFIN II), aquest programa s'ha mantingut ininterrompudament des de llavors. Es basa en campanyes hidrogràfico-planctòniques estivals sobre una malla regular de 10 x 10 milles d'estacions de referència que cobreix tota la mar Balear. El tipus i metodologia de mostreig ha variat entre les diverses campanyes, però en general a totes les estacions sempre s'ha realitzat una completa caracterització ambiental, incloent perfils hidrogràfics amb CTDs equipats amb sensors addicionals de fluorescència, llum, oxigen i terbolesa, presa de mostres d'aigua amb botelles Niskin per determinacions de nutrients, oxigen, pH i comunitats de fito i bacterioplàncton, així com pesques de plàncton amb diversos tipus de xarxes i malles, des de microzooplàncton amb malles de 55 micres a meso i macroplàncton amb malles de 200, 333, 500 i 1000 o 2000 micres. El nombre total d'estacions i, per tant, l'extensió de l'àrea d'estudi, també han variat en el temps depenent de la durada de les campanyes i de la capacitat logística dels vaixells oceanogràfics utilitzats, entre un mínim de 100 estacions i un màxim de 200. En tot cas, sempre s'ha cobert una proporció de la mar Balear suficient per definir l'escenari hidrogràfic a mesoescala a tota l'àrea d'estudi. A la Fig. 3 es representa la malla amb les estacions mostrejades durant el període considerat.



Figura 3. Mapa de les estacions sistemàtiques, on es va realitzar una caracterització completa, hidrogràfica i biològica, en el programa TUNIBAL.

Tot això ha permès caracteritzar l'estructura de les diverses comunitats planctòniques del mar Balear, incloent les de l'entorn del PNMTAC, des de bacterioplàncton a macroplàncton, amb especial atenció a la fracció meroplànctònica (larves de peixos, crustacis i cefalòpodes). Disposar de perfils de CTD a una malla regular d'estacions de 10 x 10 milles nàutiques va permetre definir l'escenari hidrogràfic de mesoescala. Per a detalls sobre la metodologia, veure Balbín *et al.*, (2013). El coneixement dels escenaris hidrogràfics ha permès relacionar l'estructura i labundància de les comunitats amb els factors ambientals i determinar la influència de l'escenari hidrodinàmic, especialment la distribució relativa de les diverses masses d'aigua, sobre les pautes espacials de les comunitats. La continuïtat de les campanyes ha permès, també, conèixer la gran variabilitat interanual dels escenaris ambientals. A la taula I es resumeixen les principals característiques de les campanyes realitzades entre 2001 i 2017 al marc d'aquest programa. L'anàlisi del material i dades recollides en aquestes campanyes ha originat desenes d'articles científics i ha contribuït a la realització de tesis doctorals i tesis de màster, a més de multitud d'informes tècnics i comunicacions científiques. Pel que fa a la descripció de les diverses metodologies de mostreig en aquestes campanyes destaquem els treballs de Mena *et al.*, (2016), sobre comunitats picoplànctòniques, i d'Alemaný *et al.*, (2010), Torres *et al.*, (2011) i Ferrà (2013) sobre hidrografia i mostreig de comunitats micro i mesozooplanctòniques.

Taula I. Campanyes i tipus d'operacions de mostreig planctònic i registre de dades hidrogràfiques realitzades al programa TUNIBAL.

Campanya	Vaixell	Projecte	N. est.	Data inici	Data final	B20	B60	B90	Moc.	Mult.	Calvet	Patin	WP2	CTD	Niskin
TU0601	Vizconde de Eza	TUNIBAL	429	16/6/01	8/7/01		173	150			173		95	173	173
TU0602	Vizconde de Eza	TUNIBAL	406	7/6/02	30/6/02		209	203			209			209	209
TU0703	Cornide de Saavedra	TUNIBAL	431	3/7/03	29/7/03		200	236			200			200	200
TU0604	Cornide de Saavedra	TUNIBAL II	197	18/6/04	10/7/04		184	197			184			184	184
TU0605	Cornide de Saavedra	TUNIBAL II	222	27/6/05	23/7/05		204	221			204			204	204
TU0606	Odón de Buén	ICTIOMED	53	17/6/06	14/7/06	53	53							53	53
TU0807	Odón de Buén	ICTIOMED	15	13/8/07	20/8/09	15	30							30	0
TU0708	Odón de Buén	ICTIOMED	42	29/7/08	11/8/08	42	42							42	42
TU0809	Odón de Buén	ICTIOMED	24	6/9/09	16/9/09	21	6	43	5					43	0
GAB0610	Tio Gel	ICTIOMED	49	18/6/10	23/6/10		19						30	19	0
BF0511	Odón de Buén	BLUEFIN	18	14/5/11	17/5/11	17	17							17	17
BF0611	Tio Gel	BLUEFIN	88	19/6/11	25/6/11			87	15					87	87
BF0711	Odón de Buén	BLUEFIN	26	10/7/11	17/7/11	25	25							25	25
ATAME0612	Ramón Margalef	ATAME	372	21/6/12	14/7/12	153	239	9	15	262	11			153	153
BF0613	SOCIB	BLUEFIN	169	20/6/13	13/7/13	125	16	169						125	125
BF0614	SOCIB	BLUEFIN	123	13/6/14	3/7/14	101	127							101	101
BF0615	SOCIB	BLUEFIN II	94	23/6/15	9/7/15	94	94							94	94
BF0616	SOCIB	BLUEFIN II	95	21/6/16	7/7/16	95	95							95	95
BF0617	SOCIB	BLUEFIN II	92	26/6/17	12/7/17	92	114							92	92

L'estratègia general de campanya i la metodologia per al mostratge de les diverses fraccions de la comunitat planctònica, tot mantenint una sèrie de trets comuns, va variar al llarg de la sèrie de campanyes. Pel que fa a l'estratègia general, podem distingir entre les campanyes realitzades amb vaixells oceanogràfics de eslora superior a 40 metres, treballant les 24 h del dia i cobrint unes 200 estacions, i les fetes amb vaixells de menor eslora, operant només en hores diürnes i cobrint al voltant de 100 estacions.

Les operacions de mostratge discriminen dos grups de campanyes: 2001-2005 i 2006-2017. A la primera sèrie, el microzooplàncton es va mostrejar amb pesques verticals amb xarxes Calvet dobles, entre 70 m i superfície, equipades amb malles de 55 micres. Les pesques de mesozooplàncton i meroplàncton es feren també entre 70 i 0 metres amb xarxes Bongo 60, amb malles de 250 micres als anys 2001 i 2002 i de 200 i 333 micres, entre 2003 i 2005. Finalment, per capturar larves de tonyina en avançat estadi de desenvolupament, es feren pesques subsuperficials amb xarxes Bongo 90, amb malles de 2 mm al 2001 i 2002 i de 500 micres del 2003 al 2005. Per més detalls, veure Alemany *et al.*, (2010). A les següents campanyes es va mostrejar específicament la capa de mescla superficial, entre uns 25 metres i la superfície, on es concentren les larves de túnids. Les pesques de plàncton s'integraren en una única operació, muntant una xarxa Bongo 20, amb malles de 200 i 55 micres, sobre una estructura de Bongo 90 equipada amb malles de 500 micres (Fig. 4). Per a detalls, veure Torres *et al.*, (2011). La campanya del 2012 va seguir el mètode de la segona sèrie, però incorporant pesques amb xarxes múltiples MOCNESS i mostrejos d'ous amb sistema CUFES.



Figura 4. Muntatge de xarxes per a mostreig sincrònic de microplàncton, mesozooplàncton i comunitats meroplànctòniques utilitzades al programa TUNIBAL.

A més del mostratge seqüencial a la malla de referència, a les campanyes Tunibal de 2009, 2011 i 2012 i sempre en aigües pròximes a l'arxipèlag de Cabrera, es feren mostrejos addicionals per determinar la distribució vertical dels organismes i les seves variacions ontogèniques i nictemerals. A les campanyes del 2009 i del 2011 es va emprar una xarxa tipus Multinet de 0,25 m² de boca (Fig. 5), equipada amb malles de 333 micres. El 2009 es feren 5 pesques diürnes, mostrejant els estrats 100-60, 60-30, 30-20, 20-10 i de 10 a superfície. El 2011 es feren 15 pesques, cobrint un cicle diari complet, mostrejant-se amb més resolució els primers 30 metres de la columna d'aigua, als estrats 30-20, 20-15, 15-10, 10-5 i de 5 a superfície. El 2012 es mostrejà amb una xarxa més gran, tipus MOCNESS, d'1 m² de boca (Fig. 5), fent-se 9 pesques, cobrint un cicle diari complet, sobre l'escarpament Emile Baudot, seguint una taca d'alta densitat de larves de tonyina. Els estrats mostrejats van ser 60-50, 50-40, 40-30, 30-20, 20-10 i de 10 metres a superfície. Per a detalls, veure Ferrà (2013).

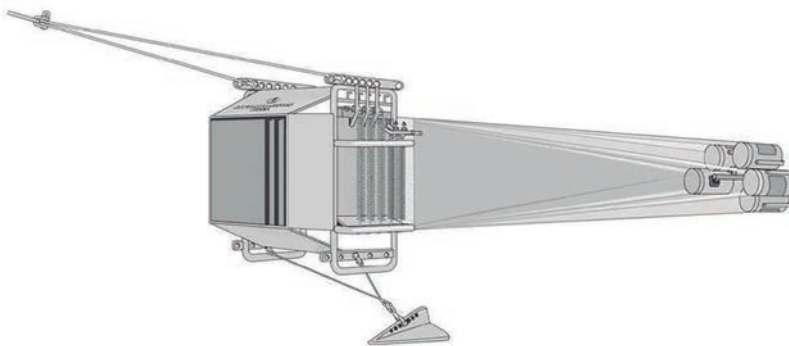


Figura 5. Xarxes Multinet (esquerra) i MOCNESS (dreta) per a mostreig planctònic estratificat emprades al programa TUNIBAL (Font: www.hydrobios.de).

Pel que fa al picoplàncton, el primer estudi dins del programa Tunibal es va fer amb mostres recollides a la campanya BLUEFIN 2013. Es mostrejaren 14 estacions (Fig. 6) en 14 dies diferents, sempre al migdia. A cada estació es mesuraren temperatura, salinitat, fluorescència i radiació fotosintèticament activa (PAR). Les mostres d'aigua per a l'estudi de la comunitat picoplànctònica s'agafaren amb una roseta de botelles Niskin a sis fondàries: 5, 25, 50 més, al màxim profund de clorofil·la, al 1% de PAR i a 200 metres. De cada mostra es va fixar un volum de 50 ml amb glutaraldehyde 0.1, filtrant-lo a través de un filtre Millipore de 0.2 micres amb ajuda de una bomba de buit, congelant el filtre a -20°C fins a la seva anàlisi. Per a detalls, veure Mena *et al.*, (2016).

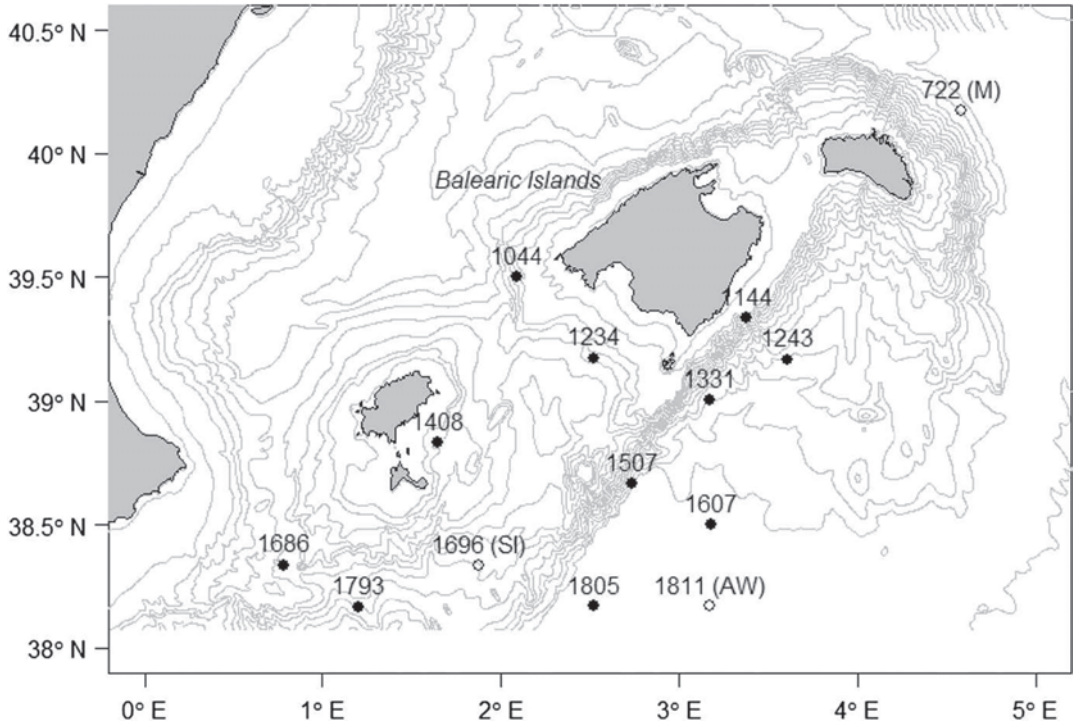


Figura 6. Localització de les estacions amb mostreig de picoplàncton de la campanya BLUEFIN 2013.

Programes multidisciplinars Projecte IDEADOS

El projecte IDEADOS (“Estructura y dinámica del ecosistema bentopelágico de talud en dos zonas oligotróficas del Mediterráneo occidental: Una aproximación multidisciplinar y a distintas escalas temporales”) desenvolupat entre 2009 i 2011, també va ser rellevant per caracteritzar les comunitats pelàgiques a l'entorn del PNMTAC. Es realitzaren dues campanyes, en desembre i juliol, cobrint dues àrees del talús de Mallorca (Fig. 7), una d'elles al SW de l'arxipèlag de Cabrera. A més dels mostresos hidrogràfics, a les campanyes es va fer un mostratge biològic intensiu, sobre les isòbates de 200 i 900 m, amb una àmplia varietat de xarxes planctòniques i micronectòniques. A més, les comunitats micronectòniques es caracteritzaren amb prospeccions acústiques. Les estacions es situaren sobre cinc transectes perpendiculars a costa, entre les isòbates de 200 i 1000 m, separats per una distància de 4,5 milles nàutiques i amb una separació entre estacions de 5 milles nàutiques en el cas de Cabrera. També s'instal·laren dos fondejos hidrogràfics equipats amb CTDs i correntòmetres a diverses fondàries i amb trapes de sediment a 30 m sobre el fons, que recolliren dades i mostres entre novembre de 2009 i febrer de 2011. Per a detalls, veure Balbín *et al.*, (2012).

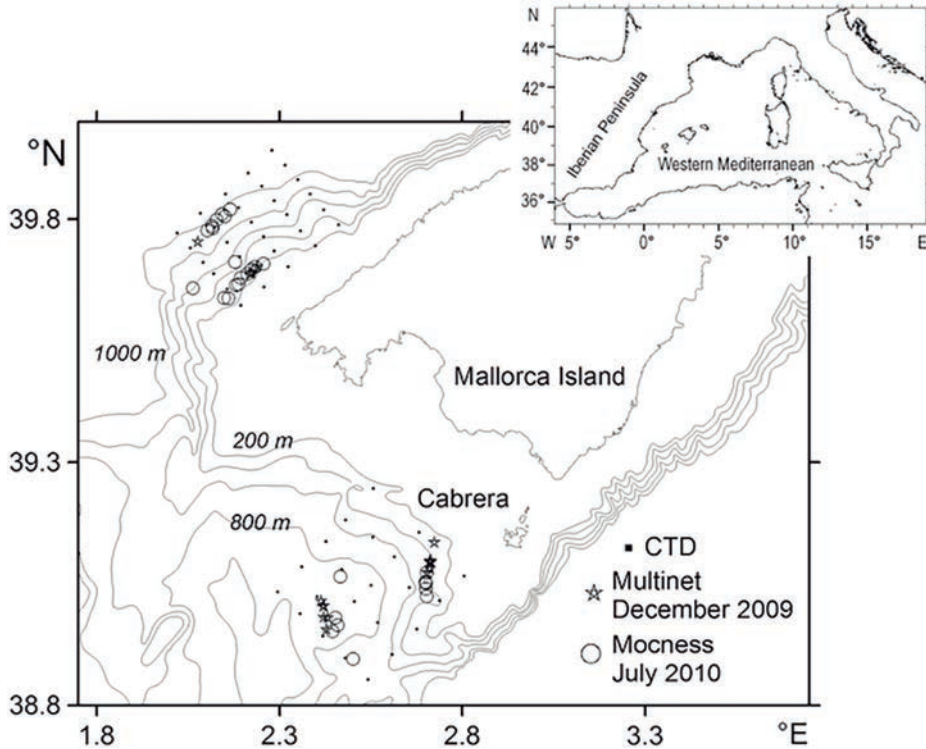


Figura 7. Localització de les estacions dels diferents tipus de mostreig realitzats en el projecte IDEADOS.

Pel que fa a les comunitats pelàgiques, el micro i el mesozoplàncton es mostrejaren amb pesques verticals des de 200 m de fondària a superfície amb xarxes tipus Calvet, amb malles de 55 micres, i WP2, amb malles de 200 micres, respectivament. Es van fer 38 pesques a cada campanya i àrea, sobre les isòbates de 200 i 900 m, cobrint cicles diaris complets. Per a detalls, veure Fernández de Puelles *et al.*, (2014).

S'analitzà l'estructura i migracions verticals del meroplàncton, concretament larves de crustacis i peixos, a les mateixes zones sobre les isòbates de 200 i 900 m, fent un mostratge estratificat de la columna d'aigua, en cicles de 36 hores, amb xarxes de plàncton d'obertura múltiple. A la campanya de tardor es mostrejaren 17 estacions (8 diürnes i 9 nocturnes) amb una xarxa HYDRO-BIOS de 0.25 m² d'obertura, equipada amb cinc malles de 333 micres. A la campanya d'estiu es cobriren 26 estacions (16 diürnes i 10 nocturnes) amb una xarxa MOCNESS d'1 m² d'obertura, equipada amb 7 malles de 333 micres. Per a detalls, veure Torres *et al.*, (2014) i Olivar *et al.*, (2014).

El micronècton mesopelàgic es mostrejà amb xarxes d'arrossegament pelàgic amb obertures de malla decreixents de la boca a la bossa, de 10 mm de malla, així com amb xarxes més petites, com la *Isaaks-Kid midwater trawl*, de 3 m² de boca i malla de 3 mm, i la RTM (*regular midwater trawl*) de 1,5 mm de malla. Les pesques sobre la isòbata de 900 m es feren a superfície, entre 0 i 80 m, i a les capes de màxima reflexió acústica, generalment entre 400 i 600 metres de fondària, tant de dia com de vespre. La profunditat de les xarxes es va controlar amb un SCANMAR. Les estacions sobre la isòbata de 200 m es mostrejaren a la capa superficial, entre 0 i 60 m i a les capes de reflexió acústica situades a menys de 50 m del fons. Per a detalls, veure Olivar *et al.*, (2014) i Peña *et al.*, (2014). Les mostres obtingudes constituïren el material de base d'una tesi doctoral (Bernal, 2014).

Programes de seguiment de l'activitat pesquera i projectes sobre biologia i pesca d'espècies comercials (projecte europeu CORY)

Un altre font d'informació rellevant sobre les comunitats pelàgiques de l'entorn de Cabrera són les estadístiques pesqueres i els programes de mostreig biològic de peixos pelàgics objectiu de la pesca d'encerclament i palangre de deriva fets per l'IEO per a la "Data Collection Framework" de la Unió Europea.

La llampuga (*Coryphaena hippurus*) i la seva pesca tradicional també ha generat molta informació perquè ha estat objecte de nombrosos estudis científics a la zona, i fins i tot d'una tesi doctoral (Massutí, 1997). Així, s'han dut a terme diversos treballs sobre las comunitats epipelàgiques associades a objectes flotants, entre els que destaquen els de Deudero *et al.*, (1999) i Massutí *et al.*, (1999), recollits a un volum especial sobre la llampuga de la revista Scientia Marina (Massutí i Morales-Nin, 1999). Aquest volum inclou un article de Riera *et al.*, (1999) sobre comunitats epipelàgiques, a partir d'informació recollida en campanyes de captura de juvenils de cirviola. Els treballs de Deudero *et al.*, (1999) i Massutí *et al.*, (1999) es basen en pesques experimentals fetes des d'una embarcació professional d'arts menors amb una xarxa semblant a l'emprada per a la pesca de la llampuga, però de dimensions més reduïdes i amb llum de malla de 2 mil·límetres (veure Massutí *et al.*, 1999), que permetia capturar tota la comunitat nectònica i micronectònica. Es calaren dispositius d'agregació de peixos semblants als emprats pels professionals, al NE de Cabrera, enfront de Portocolom, sobre les isòbates de 200 i 800 metres (Fig. 8) i, amb una periodicitat quinzenal, s'hi feren pesques experimentals, entre maig del 95 i gener del 96 i maig del 96 i febrer del 97, tant a les zones amb dispositius d'agregació com a zones control, per a un total de 133 pesques. També s'analitzaren les captures de 54 pesques comercial de llampuga fetes per la mateixa embarcació entre agost i desembre de 1995 i 1996. Per a detalls, veure Deudero *et al.*, (1999) i Massutí *et al.*, (1999). L'estudi de Riera *et al.*, (1999) es va basar en mostres d'oportunitat de les comunitats associades a objectes flotants mitjançant diversos estris, com salabres per als organismes petits, o volantins, fluixes o fins i tot xarxes d'encerclament per als organismes de major talla. Les zones de mostreig s'indiquen a la Fig. 9 i el nombre de mostres per tipus de mostrejador i estació es resumeix a la taula II.

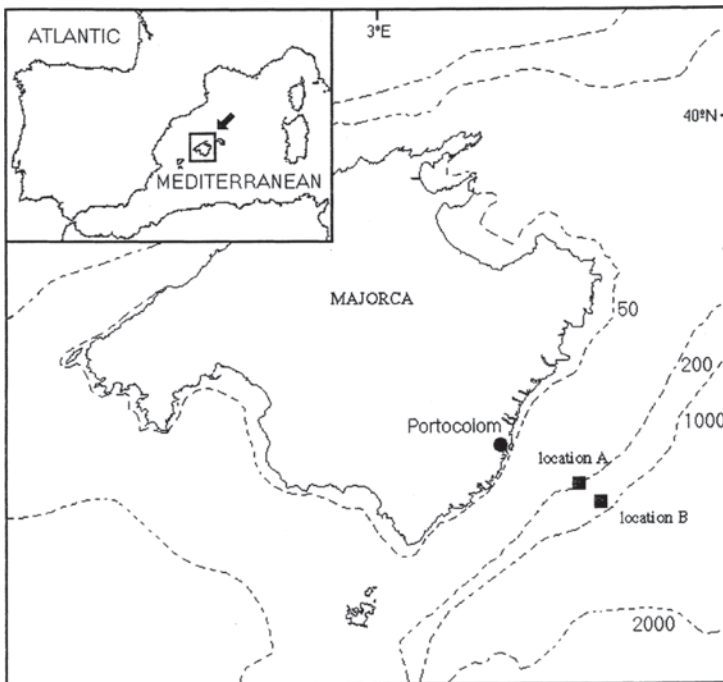


Figura 8. Localització de les estacions de mostreig de comunitats epipelàgiques del projecte CORY.

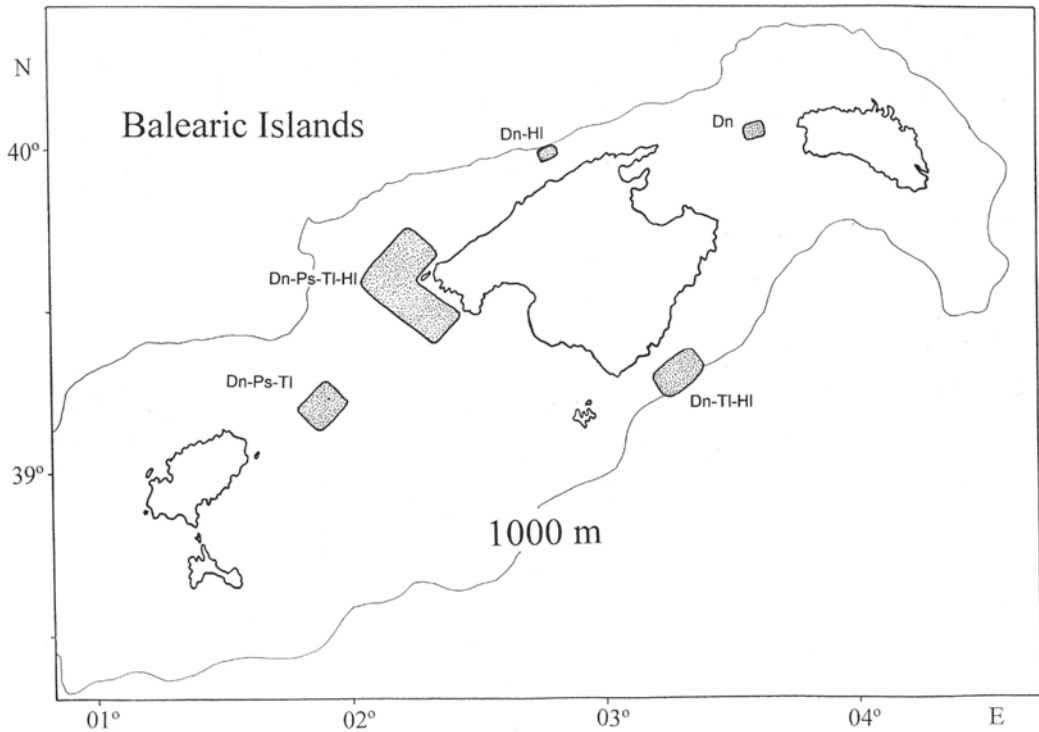


Figura 9. Zones on es realitzaren mostres d'oportunitat per caracteritzar comunitats epipelàgiques associades a objectes flotants per al treball de Riera *et al.*, (1999) (Dn: salabre; Ps: xarxes encerclament; TI: fluixes; HI: línies de mà).

Taula II. Nombre de mostres per tipus de mostrejador i estació (modificat de Riera *et al.*, 1999).

Mostrejador	N	Primavera	Estiu	Tardor	Hivern
Salabre	349	26	191	102	28
Encerclament	14	-	5	9	-
Línia de ma	15	1	3	10	1
Fluixa	12	-	-	12	-
TOTAL	390	27	199	133	29

Projectes centrats en l'estudi de comunitats meroplanctòniques al PNMTAC: processos d'exportació larvària i autoreclutament

Els projectes descrits a l'apartat anterior són útils per donar una idea general de l'estructura i, en alguns casos, l'abundància i dinàmica temporal de les diverses comunitats pelàgiques a l'entorn del PNMTAC. A més, a les darreres dues dècades s'han dut a terme dos projectes d'investigació (BIOMEX i TALACA) per estudiar les comunitats pelàgiques de dins el parc i zones adjacents, centrats en l'anàlisi dels processos de retenció i/o exportació larvària, crucials per entendre la dinàmica de les espècies que habiten la zona.

Projecte BIOMEX: *Assessment of BIOMass Export from marine protected areas & its impacts on fisheries in the western Mediterranean Sea (QRTL-2001-0891)*

El projecte BIOMEX (2003-2005) es centrà en l'estudi del *spillover* de les àrees marines protegides del Mediterrani Occidental (Anònim, 2006), una de les quals era el PNMTAC. L'abril i el juliol de 2004 es van fer dues campanyes de prospecció ictioplanctònica combinant pesques obliqües estàndard amb xarxes Bongo, de 60 cm de boca i amb malles de 333 micres i el fondeig, a una sèrie d'estacions costaneres d'alt hidrodinamisme (caps i canals entre illots) sobre la isòbata de 20 m, xarxes de plàncton de 60 cm de diàmetre i malles de 333 micres que podien girar lliurement amb el corrent i retenir ous i larves poc desenvolupades de peixos (Fig. 10). De les pesques obliqües es feren 4 rèpliques sobre nou transsectes amb tres estacions: una costanera, una altra a una milla mar endins i una tercera a dues milles de la segona, ja fora dels límits del parc (Fig. 11). A cada estació es va fer un perfil hidrogràfic amb un CTD Seabird 19. També es registraren la direcció i la intensitat del vent i s'instal·laren dos correntòmetres, al nord i sud de Cabrera. Amb aquestes dades es va dissenyar un model hidrodinàmic amb el que es feren simulacions per definir cada estació com a favor de corrent o a contra corrent respecte de les estacions més properes. Per a detalls, veure Crec'hirou *et al.*, (2010) i Anònim (2006).

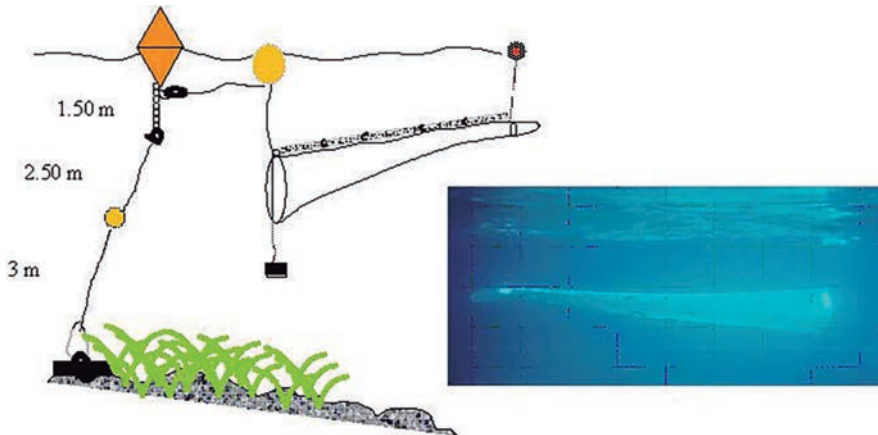


Figura 10. Esquema del dispositiu per mostreig passiu d'ous i larves de peixos utilitzat al projecte BIOMEX.

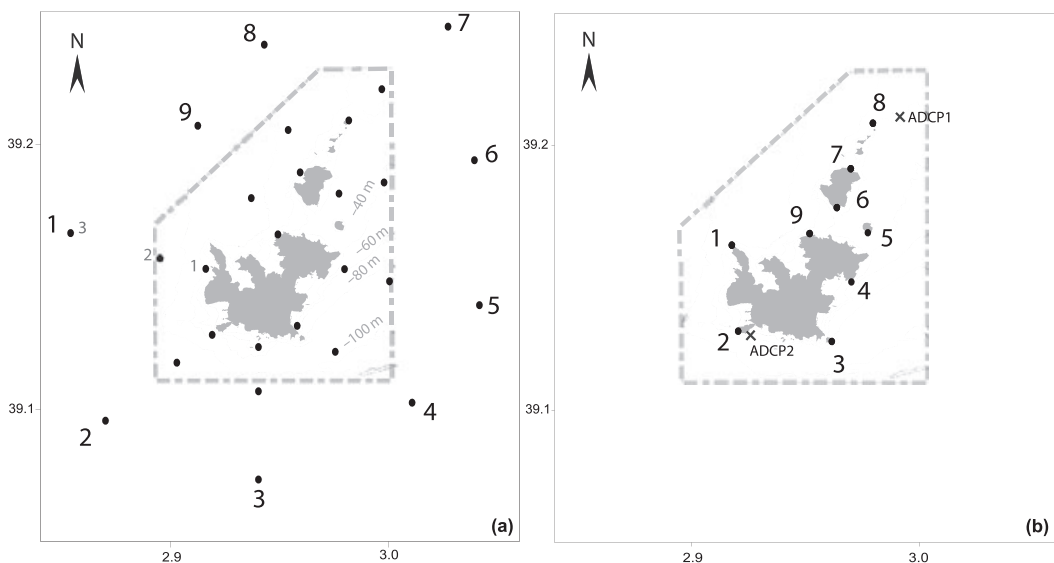


Figura 11. Localització de les estacions de mostreig del projecte BIOMEX.

Projecte TALACA

L'objectiu del projecte TALACA era entendre els patrons de circulació costanera a l'entorn del PNMTAC i la seva influència sobre els processos de concentració i dispersió de larves de peixos, rellevant per a la gestió del Parc. Com s'ha dit ja a la introducció, el *spill-over* larvari és una de les justificacions més habituals, i controvertides, per a la creació i el manteniment de reserves marines, però escassegen les evidències empíriques d'aquest procés, probablement per la manca d'integració entre dades oceanogràfiques i biològiques. El projecte TALACA, com el BIOMEX abans, va intentar superar aquesta manca integrant estudis biològics amb una modelització acurada de la dinàmica hidrogràfica costanera a petita escala (corrents de plataforma, deriva costanera, etc.). Per això, es va aplicar un model POM (*Princeton Ocean Model*) d'alta resolució a la hidrodinàmica de la zona, considerant dades de vent de les estacions meteorològiques de l'aeroport de Palma i del far de Salines del període 2000-2009 i de la boia de Cabrera, complementats amb dades de vent derivades d'observacions del satèl·lit QuiKSCAT. Les dades de corrents es recolliren entre febrer i agost de 2007 amb un correntòmetre ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) fondejat al canal de Cabrera, complementant així les dades obtingudes per la boia oceano-meteorològica de Cabrera, en funcionament des de l'any 2008.

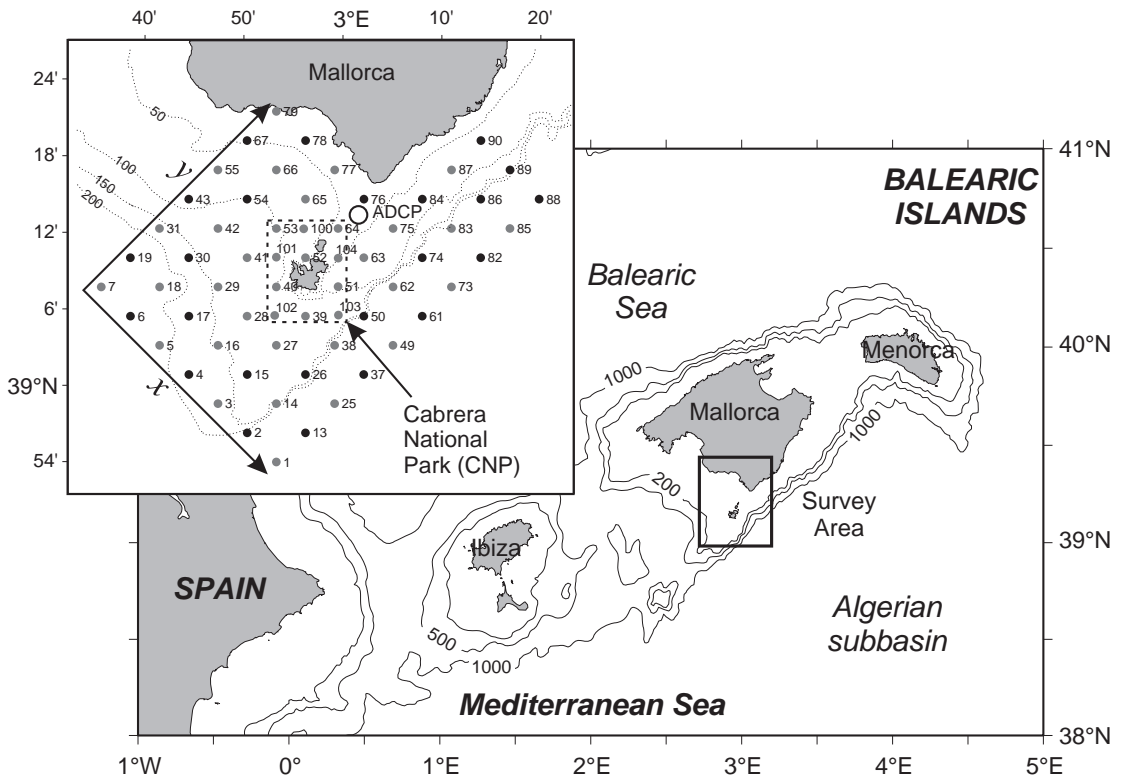


Figura 12. Localització de les estacions de mostreig del projecte TALACA.

Per a la presa de mostres biològiques, es feren tretze mostres quinzenals entre març i setembre de 2007 en tres estacions sobre plataforma situades entre Mallorca i Cabrera. A cada estació es registraren perfils verticals de temperatura, salinitat i fluorescència amb un CTD SBE-25 i es prenen mostres d'aigua per determinar nutrients i clorofil·la amb botelles Niskin. El microzooplàncton es mostrejà amb pesques verticals des d'un metre sobre el fons fins a superfície amb una xarxa WP2 d'1 m de diàmetre i una malla de 53 micres. Els ous i larves de peixos es mostrejaren mitjançant pesques doble-obliques amb xarxes bongo de 40 cm de diàmetre i malles de 335 micres. A més, del 9 al 13 de juliol de 2007, es realitzà la campanya oceanogràfica TALACA-0707, mostrejant-se en total 63 estacions (Fig. 12), separades 6 Km entre elles. A cadascuna es feren perfils hidrogràfics amb CTD

SBE-25 muntat sobre una roseta GO i es prenen mostres d'aigua a 10 m i a la profunditat propera al màxim de clorofila (~ 70 m) per calibrar el fluorímetre i determinar els nutrients. En 42 estacions es recolectaren larves de peixos i microzooplancton. Les larves es capturaren amb una xarxa Bongo de 60 cm de diàmetre i malla de 335 micres, fent pesques obliques entre fons i superfície o des d'una fondària de 200 m a les estacions on havia més profunditat. El microzooplancton es va mostrejar amb una xarxa WP2, de 38 cm de diàmetre i malla de 53 micres, fent pesques verticals. Per a detalls, veure Álvarez *et al.*, (2012) i Basterretxea *et al.*, (2013).

RESULTATS I DISCUSSIÓ

CARACTERITZACIÓ DE COMUNITATS PELÀGIQUES A L'ENTORN DEL PNMTAC

Els projectes abans esmentats han produït una gran quantitat d'informació sobre l'estructura, la distribució espaciotemporal, la biologia i l'ecologia de les comunitats pelàgiques a l'entorn del PNMTAC. A continuació es presenten de forma succinta les principals característiques d'aquestes comunitats.

Picoplancton

El components del picoplancton (0,2 a 2 µm) són els organismes més abundants dels oceans, mostrant les majors densitats, fins 10⁶ cèl·lules /ml, als grans girs oligotròfics. A mar oberta poden generar entre el 50 i el 80% de la producció total de carboni i representar fins un 50% de la biomassa. La fracció autòtrofa, el picofitoplàncton, juga un paper crucial com a font de carboni orgànic per al zooplàncton de petit mida i producció de detritus. Es divideix en tres components principals: dos gèneres procariotes (*Synechococcus* i *Prochlorococcus*) i la comunitat de piceucariotes. A la mar Mediterrània el picoplancton autòtrof assoleix les majors taxes de producció i biomassa a l'època estival (Agawin *et al.*, 2000; Uysal i Koksalan, 2010), quan hi ha una forta estratificació tèrmica de la columna d'aigua (Mella-Flores *et al.*, 2011). En aquesta situació els majors pics d'abundància es donen a la profunditat del màxim de clorofil·la, que correspon normalment amb nivells molt baixos de radiació (1% o menys que a superfície). Els components heteròtrofs del picoplancton són les bacteries heteròtrofes, que juguen un paper crucial als cicles biogeoquímics pel seu paper en la descomposició de matèria orgànica i reciclat de nutrients. Per això, el coneixement de l'estructura i distribució les comunitats picoplanctòniques és bàsic per entendre el funcionament dels ecosistemes marins.

Mena *et al.*, (2016) han confirmat que el picoplancton és responsable de gran part de la producció de biomassa en les aigües que envolten les Illes Balears, pobres en nutrients, i que la seva abundància i distribució a la regió estan relacionades amb la de les masses d'aigües superficials. Això es molt important per a la caracterització de les comunitats pelàgiques a l'entorn de Cabrera, una zona on és freqüent, sobre tot a l'estiu, trobar aigües superficials procedents de l'Atlàntic que arriben per filaments o girs anticiclònics derivats del corrent principal d'aigua atlàntica que entra per l'estret de Gibraltar. Aquesta aigua de recent origen atlàntic conflueix amb les aigües residents més salines, també d'origen atlàntic però ja modificades per una estada més llarga a la Mediterrània, formant zones frontals entre ambdues masses d'aigua. Una explicació més àmplia d'aquest escenari hidrogràfic es pot trobar a Gomis *et al.*, (2020). Així, l'entorn de Cabrera pot estar ocupat per aigües superficials atlàntiques recents, residents o una mescla de les dues, cosa que resulta en una alta variabilitat intra e interanual de les comunitats pelàgiques, sobre tot les planctòniques, perquè les característiques de cada massa d'aigua condicionen l'estructura de les comunitats. Concretament, Mena *et al.*, (2016) han mostrat que el picoplancton, especialment *Synechococcus*, és més abundant a l'aigua atlàntica recent, més oligotròfica que la resident, com s'indica a la Fig. 13.

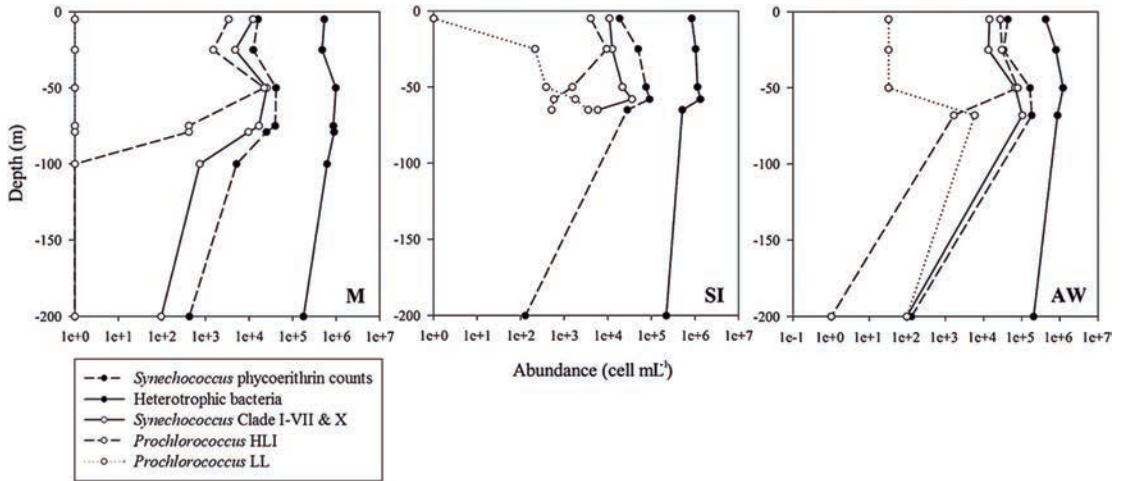


Figura 13. Perfils verticals de les abundàncies de picoplàncton procariota a les estacions M (Menorca), SI (Sud Eivissa), i AW (Aigües Atlàntiques) (de Mena *et al.*, 2016).

Mena *et al.*, (2016) també han mostrat importants diferències en el plànol vertical, a causa de l'estratificació estival que divideix la capa fòtica en dues zones diferents: la capa de mescla superficial, amb alta radiació i limitació de nutrients i la capa profunda, amb major disponibilitat de nutrients però poca llum. Els factors limitants per al picoplàncton són diferents a les dues zones; la disponibilitat de nutrients a la capa de mescla i la llum a la capa profunda, però la fracció picoplànctònica contribueix de manera similar a la producció a les dues zones. En canvi, la biomassa total de fitoplàncton és major a la capa profunda (al màxim profund de clorofil-la), on la disponibilitat de nutrients permet el seu desenvolupament malgrat la poca llum.

En conclusió, almenys durant l'estiu, el picoplàncton procariota constitueix una important font de carboni a la mar de Balears i pràcticament l'única a la capa superficial de mescla. També es pot afirmar que les pautes espacials del picofitoplàncton procariota venen determinades pels processos hidrogràfics de mesoescala de la regió.

Nano i microfitoplàncton eucariota

Malgrat la importància de les poblacions de fitoplàncton eucariota com a productors primaris, els estudis realitzats al PNMTAC no han inclòs seguiments rellevants d'aquestes comunitats. La millor referència per conèixer l'estructura i la dinàmica anual del fitoplàncton a l'entorn de l'arxipèlag de Cabrera és la tesi doctoral de Valencia (2013), basada en un mostratge dut a terme aproximadament cada 12 dies durant un cicle anual en una estació nerítica a la costa sud de Mallorca (Fig. 1, estació 1). L'estudi va caracteritzar amb detall la comunitat nano i microfitoplànctònica a aigües extrapolables a les de l'entorn immediat del PNMTAC. S'identificaren 123 taxons de Dinoflagellata, 60 de Bacillariophyceae, 17 de Cocolitoforats, 3 de Dictyochophyceae, 4 de Prymnesiophyceae i 5 d'altres grups. A la taula III es mostra la importància relativa de cadascun d'aquests grups al llarg de l'any i, a la Fig. 14, l'evolució anual de les seves abundàncies en cèl·lules/ml. El grup taxonòmic dominant va ser el dels dinoflagel·lats nanoplànctònics, seguit dels cocolitoforats i els nanoflagelats. El principal element durant el cicle anual va ser el nitrogen, excepte en condicions hivernals, quan va ser el fosfor. L'estudi va detectar quatre escenaris principals. El primer va ser una fase de mescla hivernal, en que es produïren diverses floracions, seguit d'una de transició primaveral on, inicialment, hi hagueren floracions de diatomees per després minvar l'abundància i biomassa del fitoplàncton i desplaçar-se els màxims de clorofil-la a més fondària. Després es va donar el típic escenari d'estratificació estival, amb termoclina ben marcada a unes desenes de metres baix la superfície, on predominaven els dinoflagel·lats en bona part de la columna d'aigua i un màxim profund de clorofil-la on dominaven les diatomees. Finalment, entre octubre i desembre, s'observà un altre període de transició, en el

que la termoclina es debilita progressivament i, en conseqüència, augmentaren els nutrients a les capes més superficials. Dins d'aquesta transició es distingiren dues etapes, una post-estival, amb nivells baixos de clorofil·la i dominància de dinoflagel·lats nanoplànctònics, i una prehivernal, amb progressiu augment de la biomassa fitoplànctònica, dominada per cocolitoforats i amb creixent importància de les diatomees.

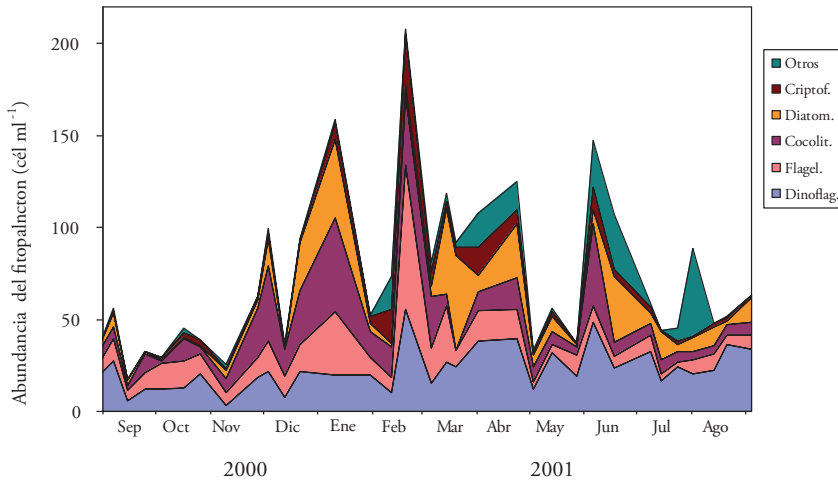


Figura 14. Variació estacional de la contribució relativa de cadascun dels principals grups taxonòmics del fitoplàncton a aigües de plataforma del Sud de Mallorca (de Valencia, 2013).

Taula III. Abundància relativa dels principals grups del fitoplàncton (E.E.= error estàndard) (modificat de Valencia, 2013).

Grup	Percentatge promig	E.E.
Dinoflagel·lats	35,7%	1,9%
Cocolitofòrids	20,1%	1,7%
Flagel·lats indeterminats	20,1%	1,3%
Diatomees	13,9%	1,6%
Criptofícies	4,9%	0,7%
Protista incertae sedis (<i>Solenicola setigera</i>)	2,9%	0,9%
Primnesoficees (sense cocolitoforats)	1,3%	0,4%
Cianofícies	0,6%	0,4%
Dictiocofícies	0,6%	0,1%

L'estudi va concloure que la xarxa tròfica dominant a l'àrea és la microbiana, però que a les èpoques de floració, sobre tot al període de mescla hivernal i, en menor mesura, als màxims profunds de l'època d'estratificació estival, la xarxa multívora basada en fitoplàncton eucariota té major importància relativa. Un altra conclusió és que, com ja han mostrat altres estudis sobre comunitats planctòniques a la zona, l'estructura i dinàmica de les poblacions fitoplànctòniques és altament dependent de l'escenari hidrogràfic, ja que la concentració de nutrients presents a les masses d'aigües superficials (major a les aigües residents que a les recentment arribades del Atlàntic) fa que la posició del fronts que separen ambdós masses d'aigua moduli, entre d'altres factors, la productivitat a cada zona concreta del mar Balear. Com que aquests fronts es solen situar a zones pròximes a l'arxipèlag de Cabrera, l'entorn del PNMTAC sol presentar una alta variabilitat d'escenaris hidrodinàmics i, en conseqüència, una gran variabilitat, intra i interanual, de la productivitat primària pelàgica.

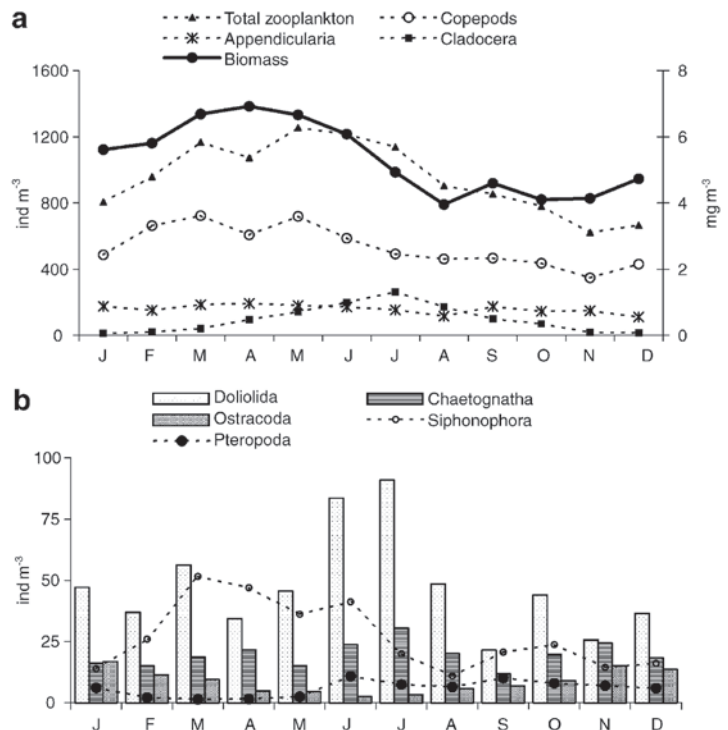
Zooplànton (*holoplànton i meroplànton*)

Les comunitats zooplànctòniques de la mar Balear, tant l'holoplànton (organismes que són planctònics durant tot el seu cicle vital) com el meroplànton (formes larvàries d'organismes que només formen part del plànton durant les primeres fases del cicle vital) són ben conegudes, en especial les del sud de Mallorca, incloent l'entorn immediat del PNMTAC i les aigües interiors de l'arxipèlag de Cabrera. La importància del zooplànton en la dinàmica dels ecosistemes marins, pel seu paper crucial a les xarxes tròfiques, és ben coneguda; per tant, presentarem de forma resumida els resultats més rellevants dels nombrosos estudis disponibles sobre aquestes comunitats a l'entorn del PNMTAC. Es prestarà especial atenció a les comunitats meroplànctòniques ja que, a més d'aportar informació sobre l'estructura de les poblacions animals d'una zona, els processos que afecten la dinàmica espacial i la supervivència d'ous i larves són els que més condicionen l'evolució en el temps de la distribució i la biomassa de les poblacions juvenils i adultes.

Pel que fa a l'holoplànton a l'entorn del PNMTAC, els estudis més rellevants són els realitzats per l'IEO al sud de Mallorca, dels que destaquem Fernández de Puellas *et al.*, 2003 i 2007. Aquests treballs mostren que els copèpodes són el grup més abundant, presentant varis màxims anuals (març, maig i setembre). L'anàlisi de la comunitat zooplànctònica en conjunt permet distingir dos períodes principals: el de mescla de la columna d'aigua durant l'hivern i el principi de la primavera, on predominen copèpodes, sifonòfors i ostracodes, i el d'aigües estratificades, a l'estiu i la tardor, caracteritzats per major abundància de cladòcers i diversos tipus de meroplànton (Fig. 15). L'existència d'una sèrie temporal ha permès també detectar una remarcable variabilitat interanual (Fig. 16), relacionada amb els canvis del règim hidrogràfic ja esmentats abans. Així, els anys més freds es caracteritzen per una major abundància de zooplànton, relacionada amb la presència d'aigües residents, més riques en nutrients, mentre que als anys càlids l'abundància n'és menor, fruit de la presència a la zona d'aigües de recent origen atlàntic, més pobres en nutrients. Fins i tot, s'han trobat correlacions entre abundàncies de copèpodes i factors climàtics de gran escala, com l'índex NAO, ja que aquests condicionen els escenaris hidrogràfics de cada any (Fernández de Puellas *et al.*, 2014).

Figura 15. a) Patró estacional (mitjanes mensuals de la sèrie temporal de deu anys de la biomassa zooplànctònica (mg m^{-3}) i abundàncies (ind. m^{-3}) dels principals grups holoplànctònics (copèpodes, apendicularis i cladòcers a l'estació 1 i

b) abundàncies (ind. m^{-3}) dels grups holoplànctònics minoritaris (doliòlids, quetognats, sifonòfors, ostracodes i pteròpodes) (de Fernández de Puellas *et al.*, 2007).



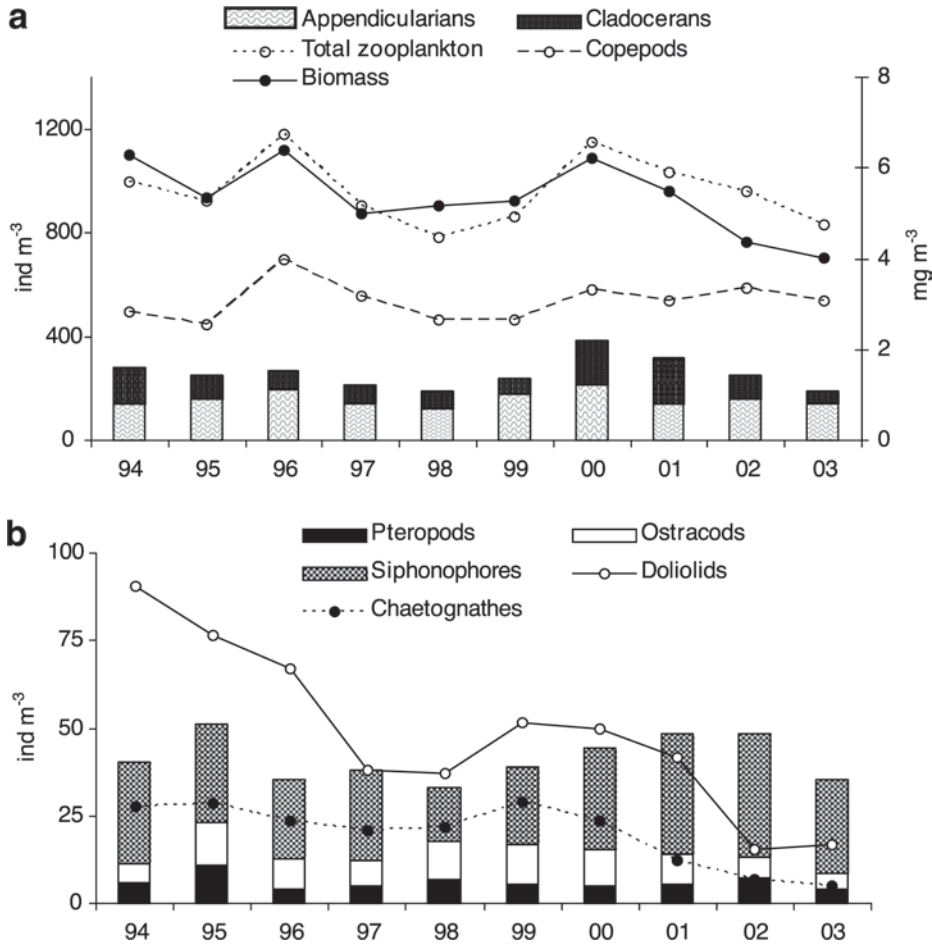


Figura 16. Valors mitjans anuals de a) biomassa zooplànctonica (mg m^{-3}) i d'abundància zooplànctonica a l'estació 1 del programa de seguiment de comunitats planctòniques de l'IEO (ind. m^{-3}) de a) nombre total d'organismes, copèpodes, apendicularies i cladòcers, i (b) sifonòfors, doliòlids, quetognats, ostràcodes i pteròpodes (de Fernández de Puelles *et al.*, 2007).

També es disposa d'informació sobre l'abundància i l'estructura de la comunitat zooplànctonica, tant micro com meso zooplànctonica, a zones de mar oberta (sobre les isòbates de 200 i 900 metres) al sud-oest de Cabrera, (Fernández de Puelles *et al.*, 2014). La biomassa zooplànctonica, en pes sec, registrada a les campanyes IDEADOS va ser més alta a la tardor que a l'estiu (9.30 and 6.95 mg m^{-3} , respectivament), amb una important contribució del micrometazooplàncton (29% i 41% de la biomassa total respectivament). L'abundància del micrometazooplàncton, compost principalment per petits copepodes i nauplii, va duplicar en desembre (3.581 ind. m^{-3}) la de juliol (1.585 ind. m^{-3}). El mesozooplàncton va mostrar tendències similars, però amb diferències menors (554 i 390 ind. m^{-3} a desembre i juliol respectivament). Les abundàncies dels diversos grups de zooplàncton per fracció de mida considerada (55-200 micres; 200-500 micres i >500 micres) es detalla a la Fig. 17, i la seva distribució vertical mitjana a la Fig. 18. Pel que fa a la composició específica dins del grup dels copepodes, el més important, els percentatges de les principals espècies es recull a la Fig. 19. A les dues zones d'estudi, *Clausocalanus* (*C. pergens* + *paululus* i *C. arcuicornis*), *Paracalanus parvus*, *Oncaea media*, *Oithona plumifera* i *Acartia clausi* varen ser abundants a la tardor, mentre que *Centropages typicus*, *Temora stylifera* i *Mecynocera clausi* predominaren a l'estiu (Fernández de Puelles *et al.*, 2014).

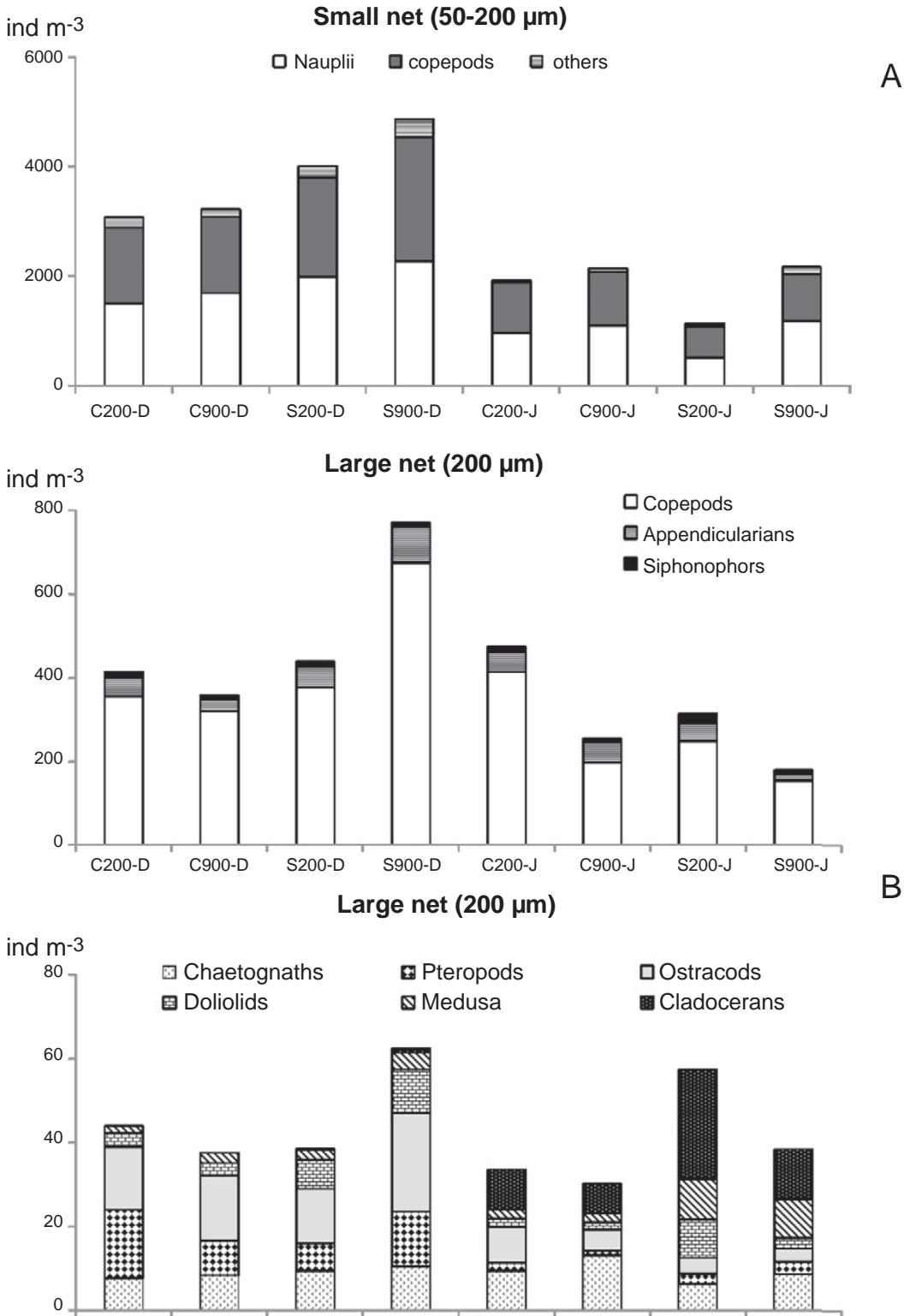


Figura 17. A) Abundància mitjana (ind. m⁻³) de micrometazooplànton (50-200 micres i B) dels diversos grups del mesozooplànton (>200 µm) a desembre (D) i juliol (J) a Cabrera (C) i a Sóller (S) (de Fernández de Puelles *et al.*, 2014).

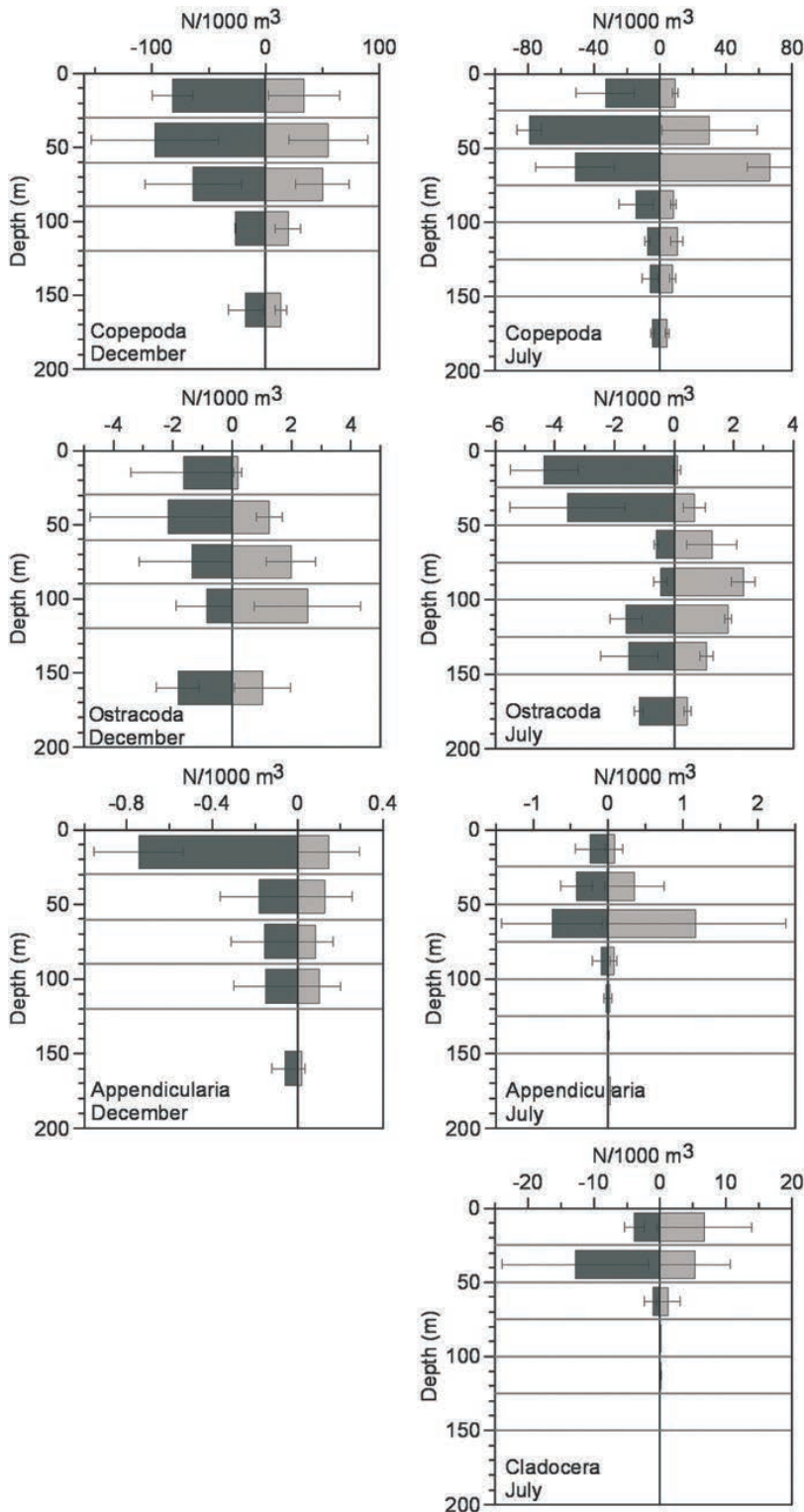
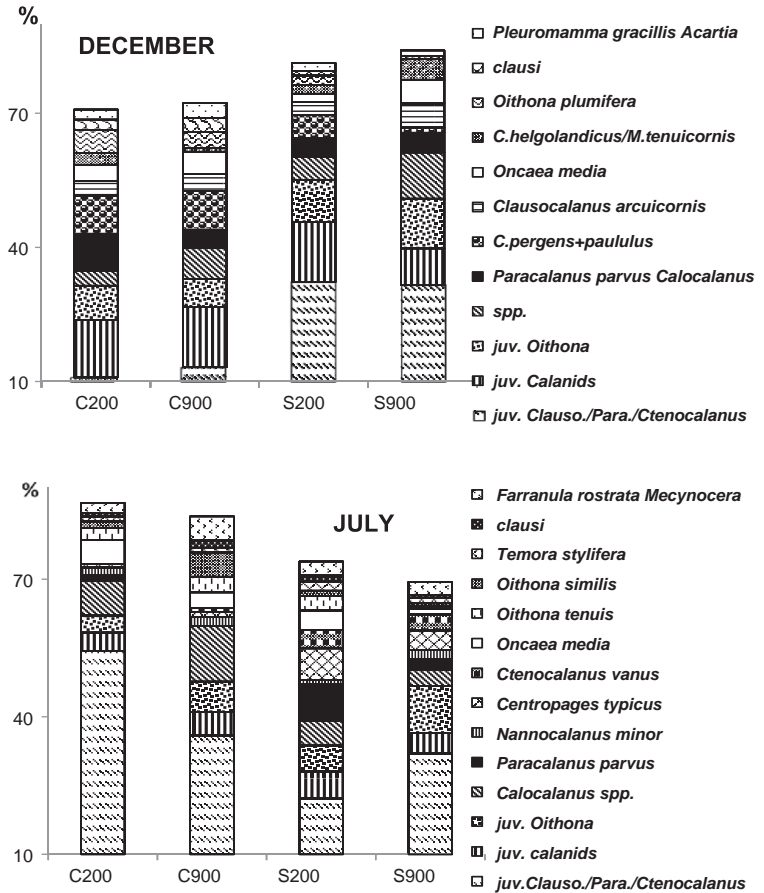


Figura 18. Distribució vertical mitjana dels principals grups del mesozooplankton a les zones de Cabrera i Sóller registrades durant les campanyes IDEADOS (pesques diürnes:barres clares; pesques nocturnes:barres fosques) (de Olivar *et al.*, 2014).

Figura 19. Principals espècies de copèpodes (%) trobats a les zones de Cabrera (C) i Sóller (S), a les isòbates de 200 i 900 metres durant les campanyes IDEADOS (de Fernández de Puelles *et al.*, 2014).



Quant al meroplàncton, ha estat àmpliament estudiat a tota la mar Balear, inclòs l'entorn immediat del PNMTAC i, en el cas d'ous i larves de peixos, fins i tot a l'interior del propi parc. Els resultats dels estudis sobre els processos d'exportació larvària des del PNMTAC es detallaran més endavant i primer descriurem les principals comunitats meroplànctòniques de les que es disposa d'informació (larves de peixos, crustacis decàpodes i paralarves de cefalòpodes) a l'entorn del PNMTAC.

Pel que fa a l'ictioplàncton, el primer estudi ampli de la comunitat de larves de peixos al mar Balear, inclòs l'entorn del arxipèlag de Cabrera, va ser el d'Alemaný (1997), on es descriuen les larves de 130 espècies de teleostis i se n'aporta informació de la distribució espacial i temporal. Posteriorment s'han publicat altres contribucions rellevants sobre les comunitats ictioplànctòniques a l'entorn de Cabrera, però restringides a l'època estival (Alemany *et al.*, 2006; Torres *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2013; Álvarez *et al.*, 2015a i 2015b). Aquests estudis han ampliat el nombre d'espècies registrades a la zona, i en un d'ells (Rodríguez *et al.* 2015), en una sola campanya se n'identificaren 128, una diversitat comparable a la de zones subtropicals. Per donar una idea de l'estructura de la comunitat ictioplànctònica estival (que és un bon reflex de la de les comunitats íctiques de la zona perquè la majoria d'espècies, tant pelàgiques com demersals, es reproduïxen al estiu), a la Taula IV es detalla l'abundància relativa i el percentatge d'ocurrència de cada espècie. Les larves de les diferents espècies apareixen agupades de forma ben definida, segons l'època del any, com a resultat de la distribució dels reproductors de les distintes espècies que conformen les poblacions íctiques: un conjunt més litoral, compost principalment per espècies pròpies de la plataforma, i un altre d'aigües obertes, on predominen les larves d'espècies mesopelàgiques i, a l'estiu, també les larves de túnids i altres grans pelàgics. Cal dir que, amb l'excepció de qualche estació molt costanera, sempre hi sol haver un cert grau de mescla de larves de les dues agrupacions principals, trobant-se freqüentment larves d'espècies mesopelàgiques a estacions de plataforma, fins i tot prop de costa, i larves d'espècies bentòniques de plataforma a estacions mes enllà del talús. Un altre resultat rellevant és que l'escenari hidrogràfic pot modular fortament la distribució larvària, afavorint o dificultant la mescla horitzontal.

Taula IV. Llistat taxonòmic de larves de teleostis recollides en la campanya Tunibal al juliol de 2005. RA= Abundància Relativa (%) i %O= percentatge d'ocurrència (modificat de Rodríguez *et al.*, 2012).

Famílies i espècies	RA	%O	Famílies i espècies	RA	%O
Apogonidae			Engraulidae		
<i>Apogon (Apogon) imberbis</i>	0.031	3.3	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1.365	33.9
Argentinidae			Evermannellidae		
<i>Glossanodon leioglossus</i>	0.002	0.5	<i>Evermannella balbo</i>	0.030	
Blenniidae			Exocoetidae		
<i>Parablennius pilicornis</i>	0.002	0.5	<i>Hirundichthys sp</i>	0.002	
<i>Unidentified sp</i>	0.020		Gobiidae		
Bramidae			<i>Aphia minuta</i>	0.100	
<i>Brama brama</i>	0.004	1.1	<i>Crystallogobius linearis</i>	0.058	
Bothidae			<i>Gobius niger</i>	0.110	
<i>Arnoglossus imperialis</i>	0.002	0.5	<i>Gobius paganellus</i>	0.002	
<i>Arnoglossus laterna</i>	0.009	1.6	<i>Lebetus guilleti</i>	0.048	
<i>Arnoglossus rueppelli</i>	0.007	1.6	<i>Pomatoschistus marmorat</i>	0.009	
<i>Arnoglossus thori</i>	0.062	9.8	<i>Pomatoschistus minutus</i>	0.002	
<i>Bothus podas</i>	0.019	4.9	<i>Pseudaphya ferreri</i>	0.963	
<i>Arnoglossus spp</i>	0.084	7.1	<i>Gobiidae sp 1</i>	0.032	
Callionymidae			<i>Gobiidae sp 2</i>	0.002	
<i>Callionymus spp</i>	0.048	9.3	<i>Gobiidae sp 3</i>	0.004	
Caproidae			<i>Unidentified spp</i>	0.036	
<i>Capros aper</i>	0.011	3.3	Gonostomatidae		
Carangidae			<i>Cyclothone braueri</i>	24.615	
<i>Trachinotus ovatus</i>	0.002	0.5	<i>Cyclothone pygmaea</i>	7.584	
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0.434	20.2	<i>Unidentified spp</i>	0.005	
<i>Trachurus spp</i>	0.871	13.7	Labridae		
<i>Seriola dumerili</i>	0.035	4.9	<i>Coris julis</i>	0.582	
Carapidae			<i>Thalassoma pavo</i>	0.018	
<i>Carapus acus</i>	0.002	0.5	<i>Symphodus sp 1</i>	0.007	
Cepolidae			<i>Symphodus sp 2</i>	0.007	
<i>Cepola rubescens</i>	0.299	15.8	<i>Symphodus sp 3</i>	0.021	
Chlorophthalmidae			<i>Symphodus spp</i>	0.002	
<i>Chlorophthalmus agassizii</i>	0.002	0.5	<i>Xyrichtys novacula</i>	0.014	
Clupeidae			Lophotidae		
<i>Sardinella aurita</i>	1.638	25.7	<i>Lophotus lacepedei</i>	0.002	
Centracanthidae			Merlucciidae		
<i>Spicara flexuosa</i>	0.002	0.5	<i>Merluccius merluccius</i>	0.006	
<i>Spicara smaris</i>	0.420	8.7	Mugilidae		
<i>Spicara spp</i>	0.009	0.5	<i>Mugil spp</i>	0.011	
Centriscidae			Mullidae		
<i>Macroramphosus scolopax</i>	0.002	0.5	<i>Mullus barbatus</i>	0.040	
Congridae			<i>Mullus surmuletus</i>	0.005	
<i>Ariosoma balearicum</i>	0.002	0.5	<i>Unidentified spp</i>	0.035	
Coryphaenidae			Muraenidae		
<i>Coryphaena hippurus</i>	0.004	1.1	<i>Unidentified spp</i>	0.002	
Dactylopteridae					
<i>Dactylopterus volitans</i>	0.007	1.6			

Famílies i espècies	RA	%O
Apogonidae		
<i>Apogon (Apogon) imberbis</i>	0.031	3.3
Argentinidae		
<i>Glossanodon leioglossus</i>	0.002	0.5
Blenniidae		
<i>Parablennius pilicornis</i>	0.002	0.5
<i>Unidentified sp</i>	0.020	
Bramidae		
<i>Brama brama</i>	0.004	1.1
Bothidae		
<i>Arnoglossus imperialis</i>	0.002	0.5
<i>Arnoglossus laterna</i>	0.009	1.6
<i>Arnoglossus rueppelli</i>	0.007	1.6
<i>Arnoglossus thori</i>	0.062	9.8
<i>Bothus podas</i>	0.019	4.9
<i>Arnoglossus spp</i>	0.084	7.1
Callionymidae		
<i>Callionymus spp</i>	0.048	9.3
Caproidae		
<i>Capros aper</i>	0.011	3.3
Carangidae		
<i>Trachinotus ovatus</i>	0.002	0.5
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0.434	20.2
<i>Trachurus spp</i>	0.871	13.7
<i>Seriola dumerili</i>	0.035	4.9
Carapidae		
<i>Carapus acus</i>	0.002	0.5
Cepolidae		
<i>Cepola rubescens</i>	0.299	15.8
Chlorophthalmidae		
<i>Chlorophthalmus agassizii</i>	0.002	0.5
Clupeidae		
<i>Sardinella aurita</i>	1.638	25.7
Centranchthidae		
<i>Spicara flexuosa</i>	0.002	0.5
<i>Spicara smaris</i>	0.420	8.7
<i>Spicara spp</i>	0.009	0.5
Centriscidae		
<i>Macroramphosus scolopax</i>	0.002	0.5
Congridae		
<i>Ariosoma balearicum</i>	0.002	0.5
Coryphaenidae		
<i>Coryphaena hippurus</i>	0.004	1.1
Dactylopteridae		
<i>Dactylopterus volitans</i>	0.007	1.6

Famílies i espècies	RA	%O
Engraulidae		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1.365	33.9
Evermannellidae		
<i>Evermannella balbo</i>	0.030	
Exocoetidae		
<i>Hirundichthys sp</i>	0.002	
Gobiidae		
<i>Aphia minuta</i>	0.100	
<i>Crystallogobius linearis</i>	0.058	
<i>Gobius niger</i>	0.110	
<i>Gobius paganellus</i>	0.002	
<i>Lebetus guilleti</i>	0.048	
<i>Pomatoschistus marmorat</i>	0.009	
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0.002	
<i>Pseudaphya ferreri</i>	0.963	
<i>Gobiidae sp 1</i>	0.032	
<i>Gobiidae sp 2</i>	0.002	
<i>Gobiidae sp 3</i>	0.004	
<i>Unidentified spp</i>	0.036	
Gonostomatidae		
<i>Cyclothone braueri</i>	24.615	
<i>Cyclothone pygmaea</i>	7.584	
<i>Unidentified spp</i>	0.005	
Labridae		
<i>Coris julis</i>	0.582	
<i>Thalassoma pavo</i>	0.018	
<i>Symphodus sp 1</i>	0.007	
<i>Symphodus sp 2</i>	0.007	
<i>Symphodus sp 3</i>	0.021	
<i>Symphodus spp</i>	0.002	
<i>Xyrichtys novacula</i>	0.014	
Lophotidae		
<i>Lophotus lacepedei</i>	0.002	
Merlucciidae		
<i>Merluccius merluccius</i>	0.006	
Mugilidae		
<i>Mugil spp</i>	0.011	
Mullidae		
<i>Mullus barbatus</i>	0.040	
<i>Mullus surmuletus</i>	0.005	
<i>Unidentified spp</i>	0.035	
Muraenidae		
<i>Unidentified spp</i>	0.002	
Famílies i espècies	RA	%O
Myctophidae		
<i>Benthoema glaciale</i>	1.936	
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	14.297	
<i>Diaphus holti</i>	0.038	

Un aspecte molt important per a l'anàlisi dels processos de deriva horitzontal que condicionen el potencial de les AMPs com a zones d'exportació neta de larves, és la distribució vertical de l'ictioplàncton, que, com s'ha avançat a l'apartat de Material i Mètodes, s'ha estudiat a l'arxipèlag de Cabrera (Ferrà, 2013; Olivar *et al.*, 2014). Les comunitats ictioplànctòniques de mar oberta a l'entorn del PNMTAC (Olivar *et al.*, 2014) estan dominades per larves d'espècies mesopelàgiques, mictòfids i estomiformes, acompanyades a l'època estival (juliol) principalment per larves de túnids, aladroc (*Engraulis encrasicolus*) i donzella (*Coris julis*) i a final de tardor (desembre) per larves de sardina (*Sardina pilchardus*). Cal destacar que Olivar i col·laboradors trobaren les larves de totes les espècies, excepte les d'*Argyrops leucostictus*, als primers 200 m de la columna d'aigua, predominant les de *Hygophum benoiti*, *Ceratoscopelus maderensis*, *Cyclothone braueri* i *Lampanyctus crocodilus* als primers 50 metres, i les de *Benthoosema glaciale*, *Symbolophorus veranyi* i *Myctophum punctatum* als nivells intermedis, entre 50 i 100 m (Fig. 20). Les larves de les espècies més abundants presentaren una estratificació en relació a l'edat, trobant-se els estadis menys desenvolupats a prop de superfície, mentre que els més avançats ocupen un major rang de fondaries, sobre tot al vespre, concentrant-se de dia a zones més superficials. El treball de Ferrà (2013), limitat als primers 60 m de la columna d'aigua, va permetre confirmar el paper de la termoclina com a barrera per als moviments verticals de les larves d'algunes espècies, de manera que algunes, com els *Thunnus*, es troben exclusivament per damunt la termoclina i d'altres, com alguns mictòfids, mai es troben a la capa de mescla superficial, com és el cas de *Hygophum sp.* (Fig. 21).

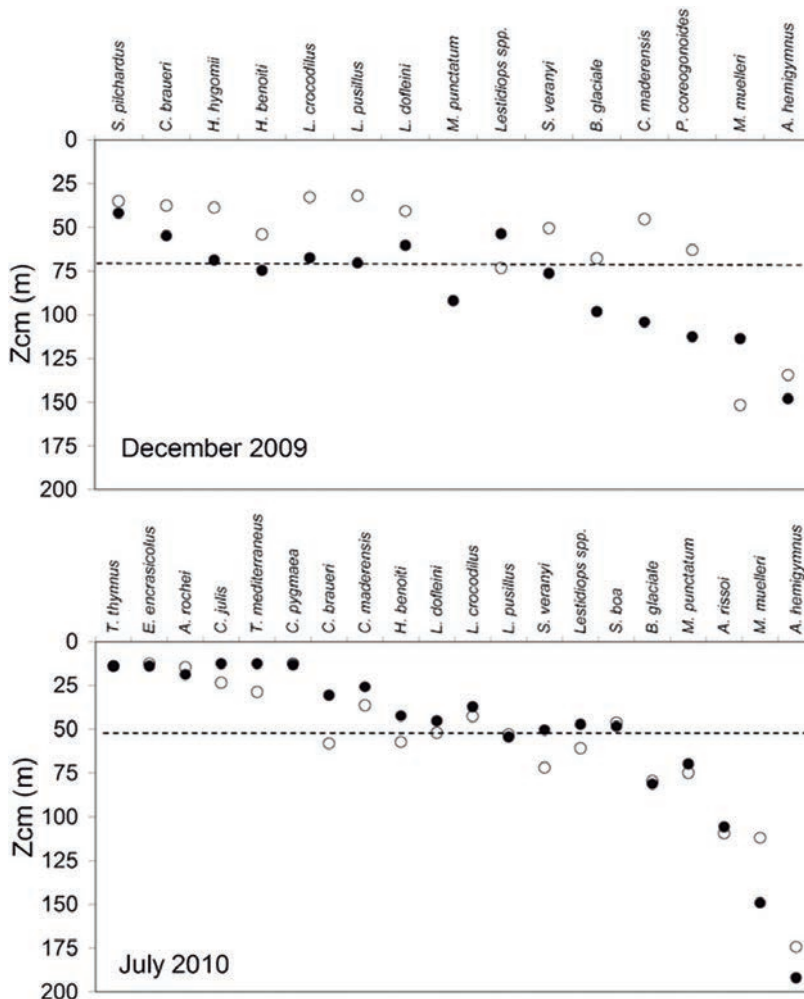


Figura 20. Profunditats mitjanes diürnes (cercles oberts) i nocturnes (cercles sòlids) de les espècies més abundants a les campanyes IDEADOS realitzades a la zona de Sóller i Cabrera en desembre 2009 i juliol 2010 (de Olivar *et al.*, 2014).

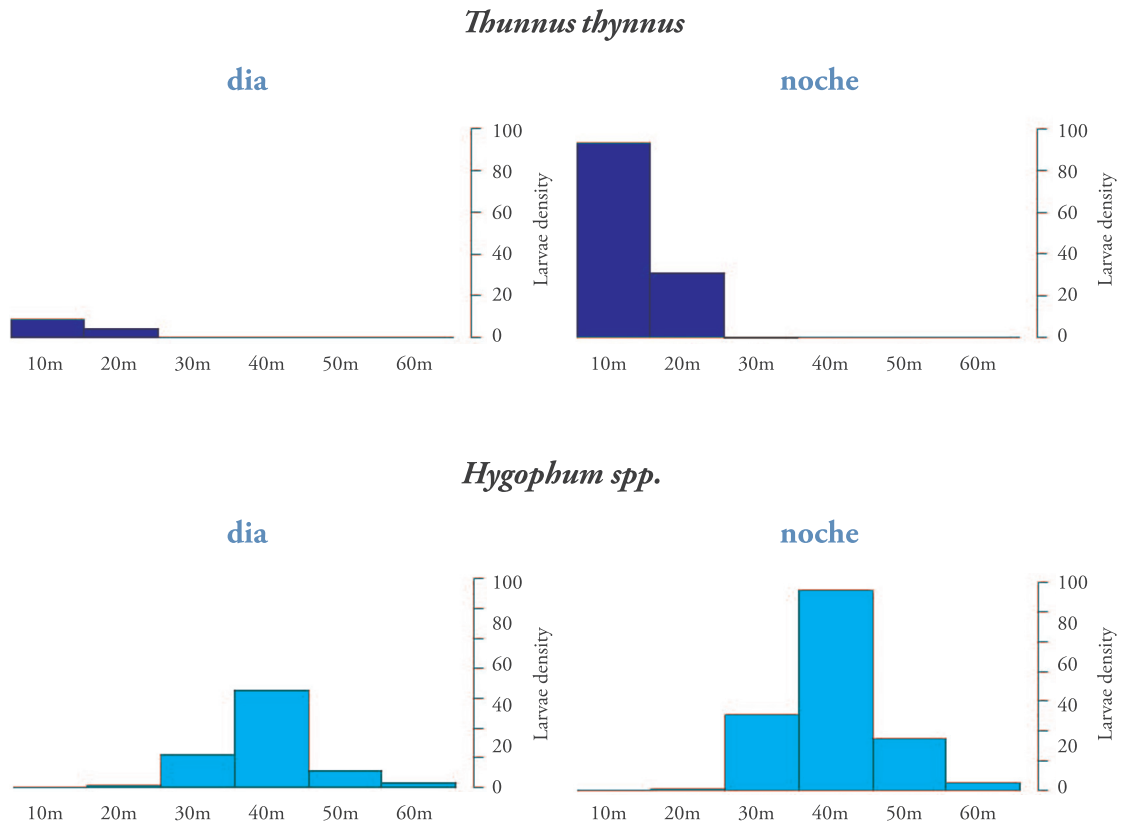


Figura 21. Distribució vertical diürna i nocturna de larves de *Thunnus thynnus* i *Hygophum* sp. (de Ferrà, 2013).

Les larves de crustacis decàpodes de la mar Balear, incloent zones pròximes a l'arxipèlag de Cabrera, també han estat àmpliament estudiades, destacant els treballs de Carbonell *et al.* (2014), Torres *et al.* (2014) i Torres (2015). Carbonell *et al.* (2014), a partir de mostres recollides a tot el mar Balear amb pesques obliqües entre 70 m i superfície, identificaren 84 taxons de set ordres diferents: Brachyura (32), Caridea (27), Dendrobranchiata (13), Anomura (12), Axiidea (3), Gebiidea (1) i Stenopodidea (1). A nivell d'espècie, entre els Dendrobranchiata els més abundants van ser els Sergèstids, seguits de *Gennadas elegans* (Smith, 1882), *Alpheus glaber* (Olivi, 1792), *Processa*, *Pandalina*, *Plesionika*, *Acanthephyra*, *Eualus spp* i *Lysmata seticaudata* (Risso, 1816). Entre els Brachyura, *Xantho spp.* va ser el taxó més freqüent, seguit d'*Ilia nucleus* (Linnaeus, 1758), *Parthenope*, *Liocarcinus* i *Ebalia spp.* Dels anomures, *Calcinus tubularis* (Linnaeus, 1767), *Galathea* i *Anapagurus spp.* foren els més abundants i freqüents. La majoria de larves eren d'espècies epibèntiques, com els crancs (59%), seguides de petites gambes neobèntiques de les famílies Processidae i Pandalidae (34%) i algunes espècies mesopelàgiques de la família Sergestidae (7%). L'estudi va mostrar una marcada variabilitat interanual, derivada dels diferents escenaris hidrogràfics. El treball de Torres *et al.* (2014) permet diferenciar l'estructura de la comunitat de larves de decàpodes entre l'època estival estratificada, amb major diversitat, i la d'homogeneïtat de la columna d'aigua, així com entre l'àrea del entorn de Cabrera i la de la conca Catalano-Balear, així com la seva estructuració vertical. En general, la majoria d'estadis de desenvolupament de totes les espècies s'agreguen als primers 75 metres de la columna d'aigua, essent el grup més abundant el de les larves de gambes pelàgiques, com els Sergestidae. L'estructura de la comunitat a les zones de Sóller i Cabrera, a les èpoques d'estratificació estival i de mescla hivernal de la columna d'aigua es detalla a la Taula V.

Taula V. Llistat taxonòmic de larves de crustacis decàpodes identificades en les campanyes IDEADOS, indicant nombre d'individus i freqüència d'ocurrència per taxó a Cabrera i a Sòller (modificat de Torres *et al.*, 2014).

Taxa	Dec.			Jul.			Taxa	Dec.			Jul.			Taxa	Dec.			Jul.		
	N	S F (%)	C F (%)	N	S F (%)	C F (%)		N	S F (%)	C F (%)	N	S F (%)	C F (%)		N	S F (%)	C F (%)	N	S F (%)	C F (%)
<i>Dendrobranchiata</i>							<i>Paguridae/Diogenidae</i>													
* <i>Allosegastes sargassi</i>				7	50	50	<i>Anapagurus</i> spp.	25	20	38		20	50	50						
* <i>Aristeus antennatus</i>				3	25	25	* <i>Calcinus tubularis</i>					144	88	13						
^ <i>Dendrobranchiata n. id.</i>	1	20					* <i>Clibanarius erythropus</i>					2	13							
<i>Deosergestes corniculum</i>	2		15	70	100	75	* <i>Dardanus arrosor</i>					7	38	13						
<i>Deosergestes henseni</i>	2	20	8	162	88	100	* <i>Diogenes pugilator</i>					6	38							
<i>Eusergestes arcticus</i>	256	100	62	616	100	100	* <i>Nematopagurus longicornis</i>					8	13	38						
<i>Gennadas elegans</i>	1445	100	100	132	75	100	* <i>Pagurus cuanensis</i>					1	13							
* <i>Lucifer typus</i>				1	13		<i>Pagurus</i> spp.	16	20	54		11	50	25						
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1	0	8	1		13	<i>Axiidae/Gebiidae</i>													
<i>Parasergestes vigilax</i>	4	20	23	887	100	100	* <i>Callinassa subterranea</i>					1	13							
<i>Sergestes atlanticus</i>	12	20	23	23	63	63	<i>Callinassidae n. id.</i>	1		8		6	50							
<i>Sergestes</i> spp.	12	40	46	277	100	88	* <i>Necallinassa truncata</i>					7		38						
<i>Sergestidae n. id.</i>	116	100	54	97	88	100	* <i>Upogebia deltaura</i>					2	13							
<i>Sergia robusta</i>	140	80	69	160	88	88	* <i>Upogebia pusilla</i>					1	13							
* <i>Sergia splendens</i>				2	13		* <i>Upogebia</i> spp.					1	13							
<i>Sergia</i> spp.	22	80	23	1	13		<i>Scyllaridae</i>													
<i>Solenocera membranacea</i>	28	20	69	126	100	50	* <i>Scyllarides latus</i>					1	13							
<i>Caridea</i>							* <i>Scyllarus arctus</i>					2	13							
<i>Acanthephyra</i> spp.	27	80	77	102	88	75	* <i>Scyllarus pygmaeus</i>					1	13							
* <i>Aegaeon</i> spp.				22	63	25	<i>Brachyura</i>													
<i>Alpheus glaber</i>	32	40	54	144	88	75	* <i>Acanthonyx lunulatus</i>					5	13							
<i>Alpheus</i> spp.	10		31	185	100	50	^ <i>Achaeus cranchii</i>	1		8										
<i>Athanas nitescens</i>	7	20	31	24	75	25	* <i>Ateleyclus rotundatus</i>					4	25	13						
^ <i>Brachycarpus biunguiculatus</i>	1		8				* <i>Ateleyclus</i> sp.					1		13						
<i>Caridea n. id.</i>	12		23	5	13	38	<i>Bathynectes</i> spp.	6	20	31		1		13						
* <i>Caridion steveni</i>				1		13	<i>Brachyura n. id.</i>	4	20	15		6	25	25						
* <i>Chlorotocus crassicornis</i>				1	13		* <i>Calappa granulata</i>					41	63	25						
<i>Eualus cranchii</i>	3		23	45	75	38	* <i>Carcinus aestuarii</i>					1		13						
* <i>Eualus occultus</i>				7	25	13	* <i>Corystes cassiveiaunus</i>					1	13							
<i>Eualus</i> spp.	1		8	28	75	50	* <i>Distolambrus maltzami</i>					1	13							
<i>Hippolytidae n. id.</i>	8	20	46	24	75	63	* <i>Dorhynchus thomsoni</i>					1	13							
* <i>Lysmata seticaudata</i>				1	13		<i>Ebalia</i> spp.	26	20	54		78	100	88						
* <i>Lysmata</i> spp.				20	75	13	* <i>Ergasticus clouei</i>					5		25						
* <i>Palaemon elegans</i>				1	13		* <i>Eriphia verrucosa</i>					1	13							
* <i>Palaemon macrodactylus</i>				7	13		* <i>Ethusa mascarone</i>					4	25							
* <i>Palaemon</i> spp.				1	13		^ <i>Eurynome</i> spp.	3		23										
* <i>Palaemonidae n. id.</i>				1	13		<i>Goneplax rhomboides</i>	172		77		37	63	38						
<i>Pandalidae n. id.</i>	9		38	44	88	75	* <i>Heterotremata</i>					1	13							
<i>Pandalina brevisrostris</i>	8		46	78	63	88	* <i>Homola barbata</i>					4	25	25						
* <i>Pasiphaea sivado</i>				3	25	13	* <i>Ilia nucleus</i>					5		50						
^ <i>Philocheas echinulatus</i>	6	20	31				^ <i>Liocarcinus depurator</i>	2		8										
* <i>Philocheas fasciatus</i>				2	25		<i>Liocarcinus</i> spp.	33		69		23	88	38						
<i>Philocheas sculptus</i>	5		38	3	13	13	* <i>Macropodia</i> sp.					1	13							
^ <i>Philocheas</i> spp.	2		8				* <i>Maja</i> sp.					2	13							
<i>Philocheas trispinosus</i>	2		15	1	13		* <i>Maja squinado</i>					1	13							
* <i>Pleocyemata n. id.</i>				1		13	<i>Majidae n. id.</i>	2	20	8		7	13	25						
<i>Plesionika</i> spp.	103	60	100	370	100	100	* <i>Monodaeus couchii</i>					50	88	13						
* <i>Pontonia</i> spp.				3	13	13	* <i>Nepinnotheres pinnotheres</i>					9	38							
* <i>Pontoniinae n. id.</i>				14	50	50	* <i>Pachygrapsus marmoratus</i>					2		25						
<i>Processa canaliculata</i>	6	40	23	42	63	13	* <i>Pachygrapsus</i> spp.					15	38	25						
<i>Processa edulis edulis</i>	13		54	51	100	50	<i>Parthenope</i> spp.	11		38		81	100	63						
* <i>Processa macrodactyla</i>				5	25		<i>Pilumnus</i> spp.	2		8		12	50							
* <i>Processa modica caroli</i>				8	25	13	* <i>Pirimela denticulata</i>					1	13							
<i>Processa modica modica</i>	1	20		1	13		* <i>Plagusidae n. id.</i>					8	13							
<i>Processa nouveli</i>	3		23	27	88	50	<i>Polybiidae n. id.</i>	19	20	31		2	25							
<i>Processa</i> spp.	35	20	62	78	88	88	* <i>Porcellanidae n. id.</i>					1	13							
<i>Processa? elegantula</i>	3		15	7	38		* <i>Portunidae n. id.</i>					23	13	50						
* <i>Stenopus spinosus</i>				4	38		* <i>Thia scutellata</i>					3	25							
<i>Galatheidae</i>							<i>Xantho</i> spp.	1		8		102	100	25						
<i>Galathea dispersa</i>	1		8	5		38	* <i>Xanthoidea n. id.</i>					1	13							
<i>Galathea FSL21</i>	1		7.69	19	50.00	37.50														
<i>Galathea intermedia</i>	9		46.15	2	25.00															
<i>Galathea n. id.</i>	2			2	25.00															
<i>Galathea S22</i>	1	20.00		24	87.50															
<i>Polychelidae n. id.</i>	2		7.69	21	25.00	50.00														
Total	2679			4769																

Finalment, entre les comunitats meroplànctòniques també s'han estudiat les paralarves de cefalòpodes a partir de pesques obliqües entre 70 m i superfície realitzades en campanyes estivals (Zaragoza *et al.*, 2014), tot i que es disposa de poca informació. L'estructura de la comunitat estival de paralarves al mar Balear es recull a la Taula VI.

Taula VI. Llistat taxonòmic de paralarves de cefalòpodes identificades en les campanyes estivals Tunibal dels anys 2004 i 2005 (modificat de Zaragoza *et al.*, 2014).

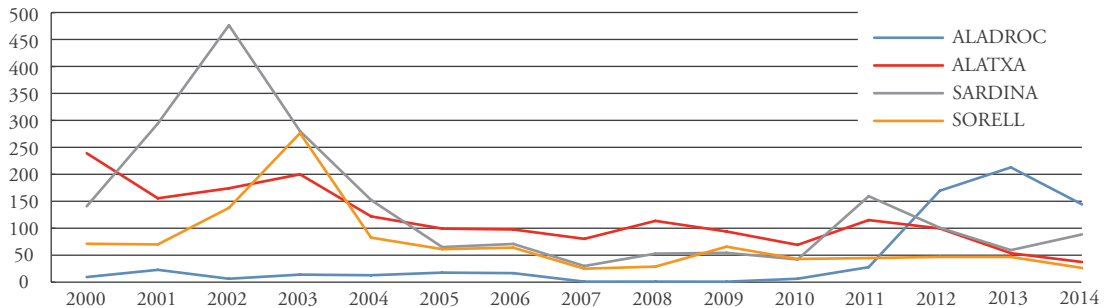
Family	Species	Bongo 60			Bongo 90			Bottom depth (m)	Nt	%Nt
		N	%F	(AA+)± SD	N	%F	(AA+)± SD			
<i>Ancistrocheiridae</i>	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	6	2.78	0.687±0.086	6	1.33	0.177±0.021	104-2515	12	1.03
<i>Brachioteuthidae</i>	<i>Brachioteuthis riisei</i>				2	0.45	0.203±0.009	1339-2566	2	0.17
<i>Chtenopterygidae</i>	<i>Chtenopteryx sicula</i>	10	4.58	0.643±0.123				545-2735	10	0.86
<i>Cranchiidae</i>	<i>Cranchia scabra</i>				1	0.22	0.190	130	1	0.09
<i>Enoploteuthidae</i>	<i>Abralia veranyi</i>	16	7.37	0.616±0.103	2	0.44	0.181±0.0138	71-2735	18	1.55
	<i>Abraliopsis morisii</i>	1	0.45	0.647	1	0.22	0.195	426-2312	2	0.17
<i>Histioteuthidae</i>	<i>Histioteuthis</i> sp.	2	0.91	0.685±0.115				1610-2021	2	0.17
<i>Loliginidae</i>	Unidentified	17	6.36	0.722±0.310	1	0.22	0.212	55-2673	18	1.55
<i>Octopodidae</i>	Unidentified	18	7.77	0.654±0.229	57	7.73	0.289±0.177	73-3452	75	6.45
<i>Ommastrephidae</i>	Unidentified	139	39.20	0.970±0.518	706	27.87	1.051±1.416	55-3452	845	72.72
<i>Onychoteuthidae</i>	Unidentified	51	17.33	0.826±0.494	29	3.10	0.388±0.271	107-2887	80	6.88
<i>Sepiolidae</i>	<i>Heteroteuthis dispar</i>	2	0.92	0.596±0.107				855-1002	2	0.17
	<i>Stoloteuthis leucoptera</i>	1	0.45	0.537				55	1	0.09
	<i>Rossia macrosoma</i>	1	0.47	0.723				1653	1	0.09
<i>Thysanoteuthidae</i>	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	19	4.09	1.48±2.784	37	5.32	0.267±0.139	71-3019	56	4.82
	Unidentified	19	7.32	0.749±0.290	18	3.10	0.230±0.122	113-2725	37	3.18
Total		302			860				1162	

Comunitats de petits pelàgics

A l'entorn de les Balears no es fan campanyes regulars de prospecció acústica i, per això, no es disposa d'informació quantitativa actualitzada sobre l'estructura i biomassa de les poblacions de petits pelàgics de plataforma. La millor aproximació per conèixer la composició i l'evolució temporal de les comunitats de petits pelàgics a l'entorn de Cabrera són les captures de la flota d'encerclament amb base al port de Palma, que opera bàsicament al sud de Mallorca. La composició d'aquestes captures entre el 2000 i 2014 es detalla a la Taula VII. Dominen els petits pelàgics de plataforma, tant clupeïformes (sardina 31%, aladroc 10% i alatxa 26%) com caràngids (sorells 16%), tot i que també inclouen tant espècies demersals com alguns túnids mitjans i petits (melva, bacoreta, bacora i bonítol). Les dades posen de manifest un dels trets més característics d'aquestes espècies, que és l'enorme fluctuació en la biomassa de les poblacions. Així (Fig. 22), l'abundància dels petits pelàgics va caure ràpidament en els primers anys de la sèrie, des d'un màxim de captures de l'ordre de les 850 tones en 2002 i 2003 fins un mínim de 184 tones en 2007, per recuperar-se fins uns nivells propers a les 500 tones a partir del 2011, tot i que cal tenir en compte que la flota es va reduir en un 50 % (de 14 a 7 embarcacions) en aquest període. Cal destacar també la relació inversa entre la sardina i l'aladroc, cosa comú a les sèries històriques de captures d'altres pesqueries de petits pelàgics arreu del món, augmentant els desembarcs d'aladroc als darrers anys de la sèrie en coincidència amb la disminució de la sardina, com també ha passat a altres poblacions de sardina europea.

Taula VII. Captures per espècie, en tones, desembarcades anuals per la flota d'encerclament amb base al port de Palma entre els anys 2000 i 2014 (Opmallorcamar).

ESPÈCIE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
AGULLA	0,1	0,5	0,2	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ALADROC	9,3	22,7	6,1	13,8	12,6	17,5	16,5	0,8	0,9	0,7	6,1	27,6	169,4	212,7	144,1
ALATXA	239,5	155,8	174,3	200,3	122,1	99,3	97,7	80,2	113,7	94,0	69,0	115,1	99,7	53,5	37,2
BACORA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
BACORETA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,7	1,1	1,9	2,2	6,8	32,5	13,6	1,3
BOGA	12,7	9,0	4,9	4,7	4,9	2,6	4,2	2,2	1,7	2,1	1,7	2,5	4,9	2,0	1,5
BONITOL	0,0	0,6	5,0	0,4	2,6	0,0	0,2	0,1	0,2	4,1	3,0	0,0	0,3	2,6	1,8
CALAMAR	1,1	1,1	1,7	1,7	4,7	12,1	15,2	1,1	4,5	17,5	3,7	6,3	13,7	18,0	6,3
CANTERA	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,5	0,3	0,2	0,0	0,1
GERRET	32,8	44,6	27,1	24,3	33,1	30,9	20,1	26,5	7,9	21,4	17,6	27,0	11,8	17,2	3,9
LISSA	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,2	0,1	0,0
MELVA	26,2	28,9	0,1	8,3	7,1	4,3	0,4	2,5	0,6	0,5	2,0	9,6	8,3	5,7	3,9
PAGELL	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,3	0,1	0,0
PALOMIDA	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,2	0,2	1,0	0,4	0,8	1,6	0,5	0,1
SABOGA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1
SALPA	1,2	1,3	0,4	0,5	1,8	0,4	0,6	1,0	0,6	0,3	1,8	8,2	4,3	2,1	3,3
SARD	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
SARDINA	140,8	294,3	476,8	280,2	152,2	64,9	70,7	29,7	52,7	54,2	42,0	159,3	100,8	59,2	88,4
SIRVIOLA	10,4	26,3	10,2	21,4	16,9	25,7	15,8	10,9	21,6	17,0	18,9	13,5	12,7	11,0	9,9
SORELL	71,1	69,9	137,8	276,8	82,5	61,1	63,9	24,8	28,7	65,7	42,8	44,6	46,6	46,5	26,2
TONYINA	0,2	0,0	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VERDEROL	8,5	10,2	2,4	7,3	1,9	3,2	1,2	0,5	3,4	4,2	6,3	5,8	2,4	1,9	0,2

**Figura 22.** Evolució de les captures de les principals espècies objectiu de la flota d'encerclament que opera al sud de Mallorca al període 2000-2014.

Comunitats de meso i batipelàgics

Com s'ha explicat a l'apartat de material i mètodes, el projecte IDEADOS també va abordar la caracterització de les comunitats de peixos meso i batipelàgics de la mar Balear, inclosa un àrea de talús situada al SW de Cabrera (Olivar *et al.*, 2012; Peña *et al.*, 2014). Cal recordar que, malgrat tractar-se d'espècies quasi desconegudes per als no especialistes, els mesopelàgics són els peixos més abundants a totes les aigües oceàniques de les zones temperades i tropicals del món. Concretament, el gènere *Cyclothone* inclou les espècies de vertebrats més abundants a nivell mundial. L'elevada abundància fa que, malgrat la petita talla d'aquestes espècies, en general pocs centímetres, la seva biomassa sigui extraordinària, constituint un component essencial de les xarxes tròfiques d'aigües obertes i transferint la matèria i energia del zooplàncton, del qual s'alimenten, als predadors apicals, com els grans pelàgics o grans peixos bentònics, gràcies a les seves migracions verticals, o fins i tot aus i mamífers marins. Els resultats globals sobre aquestes comunitats, aprofundint en el coneixement de l'ecologia tròfica de les espècies més rellevants, es recullen a Bernal (2014).

Olivar *et al.* (2012) han demostrat que no hi ha diferències significatives segons l'època o la zona d'estudi quant a composició, dominada per mictòfids i estomiformes, i patró de distribució vertical, però detectaren dos tipus d'agrupacions, un propi d'àrees de plataforma, compost per unes poques espècies de mictòfids, principalment *Notoscopelus elongatus*, i un altre de talús, que inclou tant estomiformes com mictòfids, que tenen diferents patrons de distribució vertical al llarg del cicle dia-nit. També discriminaren dos patrons principals de comportament: unes espècies no migrants, com el gonostomàtid *Cyclothone braueri*, caracteritzades per una morfologia elongada i fràgil, i d'altres més robustes, com els mictòfids, tant adults com juvenils, que fan migracions nictemerals. Cal mencionar que els individus de major talla de certes espècies de mictòfids, com *Lampanyctus crocodilus* i *Notoscopelus elongatus*, tenen un comportament bentopelàgic i romanen sempre prop del fons. Les espècies migrants mostraren un patró de moviment ja observat a altres regions, restant a aigües profundes durant el dia i ascendint a capes superficials a la nit per menjar, seguint els moviments nictemerals del plàncton del qual s'alimenten. Les espècies no migrants, com *Cyclothone braueri* i *A. hemigymus*, presenten hàbits alimentaris intermitents. L'estructura de la població de mesopelàgics es detalla a la taula VIII. Les prospeccions acústiques (Peña *et al.*, 2014) demostraren que les concentracions estivals en capes profundes dels dos principals grups, mictòfids i *Cyclothone sp.*, es donen entre els 400 i 600 m de fondària (Fig. 23).

Taula VIII. Percentatges d'abundància i ocurrència de les espècies de peixos mesopelàgics mostrejats amb xarxes pelàgiques i xarxes per micronecton a les campanyes IDEADOS (modificat de Olivar *et al.* 2012).

Family	Species	Pelagic trawls				Small nets			
		December		July		December		July	
		A (%)	O (%)	A (%)	O (%)	A (%)	O (%)	A (%)	O (%)
Gonostomatidae	<i>Cyclothone braueri</i> Jespersen i Täning 1926	1.3	25.0	0.6	16.7	77.7	39.5	90.7	31.6
	<i>Cyclothone pygmaea</i> Jespersen i Täning 1926	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	7.9
Sternoptychidae	<i>Argyrolepiscus hemigymnus</i> Cocco 1829	0.2	25.0	2.5	50.0	0.7	16.3	2.3	11.8
	<i>Mauroliscus muelleri</i> (Gmelin, 1788)	8.1	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.6
Phosichthyidae	<i>Ichthyococcus ovatus</i> Bonaparte, 1840	0.0	0.0	*	*	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Vinciguerria attenuata</i> (Cocco, 1838)	0.0	8.3	0.9	61.1	0.1	7.0	0.3	7.9
Stomiidae	<i>Bathophilus nigerrimus</i> Giglioli, 1884	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Chauliodus sloani</i> Sneider, 1801	0.0	8.3	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Stomias boa</i> (Risso, 1810)	0.1	50.0	0.3	44.4	0.6	16.3	0.0	1.3
Evermannellidae	<i>Evermannella balbo</i> (Risso 1820)	*	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Paralepididae	<i>Lestidiops jayakari</i> (Boulenger, 1889)	0.3	50.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Notolepis risso</i> (Bonaparte, 1840)	0.0	8.3	0.2	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Myctophidae	<i>Benthoosema glaciale</i> (Reinhardt, 1837)	5.6	58.3	15.3	50.0	7.5	30.2	2.0	14.5
	<i>Electrona risso</i> (Cocco, 1829)	0.0	16.7	0.1	27.8	0.0	0.0	0.0	1.3
	<i>Hygophum benoiti</i> (Cocco, 1838)	2.0	66.7	15.2	66.7	0.7	14.0	0.2	3.9
	<i>Hygophum hygomii</i> (L. "utken, 1892)	0.1	25.0	0.4	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Myctophum punctatum</i> Rafinesque, 1810	0.5	66.7	1.6	50.0	0.6	14.0	0.1	7.9
	<i>Symbolophorus veranyi</i> (Moreau, 1888)	0.6	50.0	0.4	50.0	0.0	2.3	0.0	0.0
	<i>Ceratoscopelus maderensis</i> (Lowe, 1839)	57.8	91.7	42.8	61.1	8.7	32.6	0.8	11.8
	<i>Diaphus holti</i> Täning, 1918	0.2	33.3	1.0	44.4	0.2	9.3	0.0	0.0
	<i>Lampanyctus crocodilus</i> (Risso, 1810)	9.4	50.0	0.5	22.2	0.3	7.0	0.1	3.9
	<i>Lampanyctus pusillus</i> (Johnson, 1890)	1.3	33.3	0.8	38.9	2.4	18.6	0.3	6.6
	<i>Lobianchia dofleini</i> (Zugmayer, 1911)	4.0	66.7	5.1	61.1	0.6	16.3	0.0	5.3
<i>Notoscopelus bolini</i> Nafpaktitis, 1975	0.2	16.7	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>Notoscopelus elongatus</i> (Costa, 1844)	8.5	75.0	12.0	66.7	0.0	2.3	0.4	11.8	

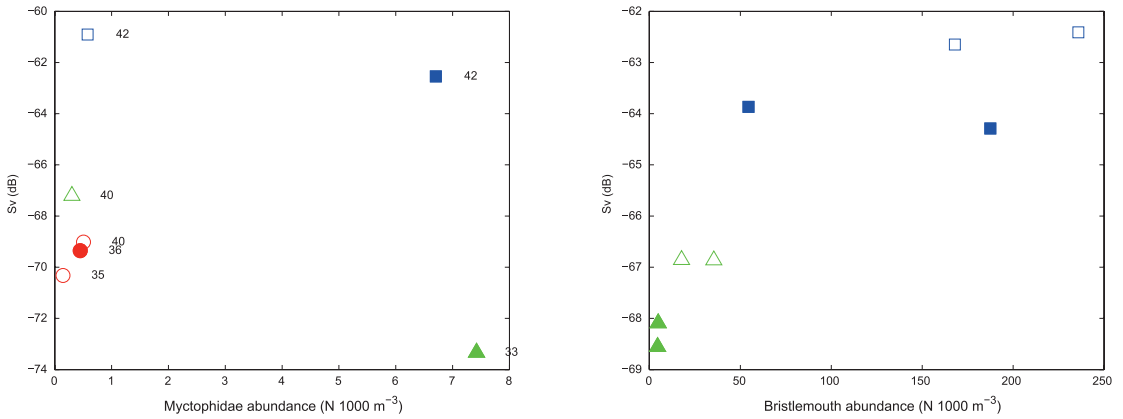


Figura 23. Esquerra: abundància estival de mictòfids en N per 1000m³ en relació a la intensitat de reflexió acústica a la capa entre 400 i 600 m. Els símbols plens indiquen pesques nocturnes. Les longituds modals s'indiquen com etiquetes numèriques. **Dreta:** abundància estival de *Cyclothone* sp. en N per 1000m³ en relació a la intensitat de reflexió acústica a la capa entre 400 i 600 m. Els símbols plens indiquen pesques nocturnes. Els quadrets corresponen a la zona de Cabrera i els triangles a la de Sóller (de Peña *et al.*, 2014).

Comunitats nectòniques associades a objectes flotants

La primera descripció de les comunitats epipelàgiques associades a objectes flotants al mar Balear és de Massutí i Reñones (1994). Posteriorment, Massutí (1997) esmenta la presència d'11 espècies acompanyants a la pesquera de la llampuga (Taula IX) i Massutí *et al.* (1999) i Deudero *et al.* (1999) identifiquen 26 espècies pertanyents a 16 famílies, principalment peixos pelàgics com *Trachurus picturatus*, *T. mediterraneus*, *T. trachurus*, *Naucrates ductor*, *Seriola dumerili* i *Coryphaena hippurus*. Les abundàncies totals, el nombre d'espècies i el seu rang de talles confirmaren que les comunitats associades a objectes flotants estan significativament relacionades amb el reclutament de diverses espècies, observant-se una colonització seqüencial dels dispositius d'agregació. Algunes espècies només estan presents durant un període determinat, com els *Trachurus* sp. a primavera i estiu, d'altres tenen una presència irregular però més extensa en el temps, com *Schedophilus ovalis*, *Balistes carolinensis* i *Polyprion americanus*, i una més són ocasionals. La diversitat i equitabilitat de les comunitats és major a l'estiu que a l'hivern. La comparació entre pesques al voltant dels dispositius d'agregació i zones control va demostrar que les espècies que recluten als objectes flotants són *N. ductor*, *S. ovalis*, *Trachurus* spp., *P. americanus*, *S. dumerili*, *C. hippurus* i *B. carolinensis*. La densitat de les distintes espècies baix els objectes flotants i a les zones control es detalla a la taula X.

Taula IX. Espècies acompanyants detectades a la pesquera de llampuga a les Illes Balears (de Massutí, 1997).

Family	Species	Specimens caught	Month of capture	Measured specimens	Length range (cm)
Gadidae	<i>Micromesistius poutassou</i>	5	Sep	5	2.5-2.9 TL
Serranidae	<i>Polyprion americanum</i>	18	Aug, Sep, Nov	18	23-39 TL
Carangidae	<i>Naucrates ductor</i>	3810	Aug-Nov	964	4-29 FL
	<i>Seriola dumerili</i>	247	Aug-Nov	160	15-33 FL
	<i>Seriola fasciata</i>	1	Nov	1	8.8 FL
	<i>Trachurus</i> spp.	---	Jun-Aug	---	small
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>	4135	Aug-Nov	1964	18-70 FL
Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i>	2	Nov	2	3.1-3.4 TL
Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i>	1	Sep	1	~40
Scombridae	<i>Thunnus thynnus</i>	3	Oct, Nov	3	34-44 FL
Centrolopididae	<i>Schedophilus ovalis</i>	2	Jun, Sep	2	33.5-38 SL
Balistidae	<i>Balistes carolinensis</i>	9	Sep, Nov	9	13-17 TL

Taula X. Densitat mitjana de les espècies capturades a les pesques experimentals del projecte CORY (de Deudero *et al.*, 1999).

Family	Species	Location A		Location B	
		FADs (n=34)	Control (n= 11)	FADs (n= 31)	Control (n= 10)
Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847	0.65 (3.60)	1.18 (3.92)	0.25 (1.38)	7.60 (22.01)
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	0.02 (0.11)	—	0.01 (0.06)	—
Mycetophidae	<i>Ceratocopelus maderensis</i> (Lowe, 1839)	0.01 (0.06)	—	—	0.50 (1.58)
	<i>Lamparyctus pusillus</i> (Johnson, 1890)	—	0.09 (0.30)	—	—
Scomberesocidae	<i>Scomberesox saurus</i> (Walbaum, 1792)	—	0.18 (0.60)	0.03 (0.11)	0.20 (0.63)
Macroramphosidae	<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	0.03 (0.17)	—	0.05 (0.24)	—
Gadidae Serranidae	<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	—	—	—	0.10 (0.32)
	<i>Polyprion americanus</i> (Schneider, 1801)	0.09 (0.26)	—	0.17 (0.38)	—
Carangidae	<i>Naucrates ductor</i> (Linnaeus, 1758)	4.60 (11.19)	—	7.72 (22.98)	—
	<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	0.49 (1.48)	—	4.17 (15.08)	—
	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1863)	0.24 (0.96)	—	0.93 (2.93)	—
	<i>Trachurus picturatus</i> (Bowdich, 1825)	31.56 (98.98)	—	85.54 (246.72)	—
	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	0.41 (1.67)	—	0.92 (4.44)	—
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	1.70 (5.55)	—	2.52 (5.12)	—
	<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	0.24 (0.81)	0.18 (0.60)	0.46 (2.33)	0.60 (1.90)
Sparidae	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	—	0.10 (0.32)
	<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	—	—	0.01 (0.06)	—
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i> (Linnaeus, 1758)	0.01 (0.06)	—	—	—
Centracanthidae	<i>Centracanthus cirrus</i> Rafinesque, 1810	0.41 (1.40)	0.55 (1.81)	0.25 (0.92)	15.80 (40.45)
	<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	0.09 (0.46)	—	—	0.40 (1.26)
Scombridae	<i>Scomber scombrus</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	0.01 (0.06)	—
	<i>Thunnus alalunga</i> (Bonnaterre, 1788)	0.08 (0.46)	0.09 (0.30)	—	—
	<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758)	0.01 (0.06)	—	0.02 (0.08)	—
Blenniidae	<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1811)	0.01 (0.06)	—	—	—
	<i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768)	0.06 (0.29)	—	0.01 (0.06)	0.50 (1.58)
	<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)	0.01 (0.06)	—	—	—
Centrolophidae	<i>Centrolophus niger</i> (Gmelin, 1788)	0.13 (0.77)	—	0.03 (0.18)	—
	<i>Schedophilus ovalis</i> (Valenciennes, in Cuv. Val. 1833)	0.20 (0.72)	—	0.34 (0.64)	—
Balistidae	<i>Balistes carolinensis</i> Gmelin, 1789	0.17 (0.52)	—	0.25 (0.72)	—
Bothidae	<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)	—	0.09 (0.30)	—	—

A partir de mostrejos d'oportunitat, també aporten informació sobre les comunitats epipelàgiques Riera *et al.* (1999), que capturen 25 espècies pertanyents a 18 famílies. El nombre, rang de talles i mesos d'aparició dels individus capturats de cada una d'aquestes espècies es detalla a la taula XI.

Taula XI. Nombre, rang de talles i mesos d'aparició de les espècies identificades al treball de Riera *et al.* (1999).

Species	N	Size range	
		T L (cm)	Month of capture
Apogon imberbis	4	1.8 - 2.2	10
Balistes carolinensis	17	7.3 - 27.7	7 - 8 - 9 - 10
Blenniidae unidentified	5	1.6 - 2.6	5 - 6 - 7
Capros aper	3	3.3 - 3.5	2
Centracanthus cirrus	2	5.7 - 5.9	2
Coryphaena hippurus	189	3.6 - 72.5	8 - 9 - 10 - 11
Diplodus puntazzo	8	1.5 - 2.2	10
Gaidropsarus mediterraneus	4	3.3 - 3.5	5 - 6
Lipophrys trigloides	3	2.0 - 2.4	5
Lobotes surinamensis	1	56.3	9
Mugilidae unidentified	111	1.5 - 2.9	2 - 10 - 11
Mullus surmuletus	63	3.7 - 6.5	6 - 7
Naucrates ductor	197	2.3 - 37.8	2 - 5 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11
Pagellus acarne	105	1.2 - 4.1	5 - 6 - 10 - 11
Parablennius sanguinolentus	5	2.7 - 2.8	5 - 6
Polyprion americanus	7	29.4 - 46.0	5 - 7 - 8 - 9
Psenes pellucidus	1	16.6	11
Scomberesox saurus	27	24.1 - 31.1	10
Schedophilus medusophagus	1	19	6
Schedophilus ovalis	3	44 - 49.6	9 - 10
Seriola dumerili	145	1.3 - 31.3	7 - 8 - 9 - 10
Pagrus pagrus	9	2.4 - 2.8	5 - 6 - 7
Syngnathus typhle	4	2.0 - 3.9	10
Thunnus thynnus	34	25.8 - 41.6	9 - 10 - 11
Trachurus spp.	127	1.0 - 11.5	2 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

Comunitats de grans pelàgics

Les campanyes ictioplanctòniques realitzades al mar Balear confirmen que les aigües al voltant de les Illes són una zona de posta de la majoria dels mitjans i grans pelàgics presents al Mediterrani, com *Thunnus thynnus*, *T. alalunga*, *Auxis rochei*, *Katsuwonus pelamis*, *Euthynnus alleteratus*, *Sarda sarda*, *Xiphias gladius* i *Tetrapturus belone*. Un altre font d'informació sobre la presència d'aquestes espècies a l'entorn de l'arxipèlag de Cabrera són les captures de la flota de palangre de superfície que hi opera. Així, a l'informe de l'IEO sobre l'impacte de la possible ampliació del PNMTAC sobre flotes pesqueres es recullen captures en l'any 2016 del palangrers dins dels límits de la reserva ampliada, que demostren la presència a l'àrea d'adults de al menys 10 espècies de pelàgics mitjans i grans: *Brama brama*, *Coryphaena hippurus*, *Euthynnus alleteratus*, *Istiophorus albicans*, *Katsuwonus pelamis*, *Prionace glauca*, *Tetrapturus belone*, *Thunnus thynnus*, *T. alalunga* i *Xiphias gladius*.

PROCESSOS D'EXPORTACIÓ LARVÀRIA I AUTORECLUTAMENT AL PNMTAC I EL SEU ENTORN

Projecte BIOMEX

El primer resultat remarcable del projecte BIOMEX és la caracterització dels escenaris hidrogràfics (Anònim, 2006) a les èpoques en que es va dur a terme el mostreig biològic, cosa que permet la interpretació de les dades de distribució larvària en termes de dispersió des de l'àrea marina protegida. Així, l'escenari al mes d'abril mostrava homogeneïtat de la columna d'aigua, amb temperatures

entre 13,6°C i 14,4°C, amb presència d'aigües menys salines de recent origen atlàntic al sud del arxipèlag i un corrent dominant del sud-oest amb pocs canvis de direcció i intensitat (Fig. 24 A). Al juliol, en canvi, la columna d'aigua estava estratificada, amb una clara haloclina i termoclina entre 30 i 40 m, amb temperatures al voltant de 24° en superfície i 14°C en fondària. La salinitat també mostrava diferències importants, amb valors de 38,2 al fons, típics d'aigües residents mediterrànies, i de 37,6 en superfície, indicatius d'aigües de recent origen atlàntic. Es detectaren dos models de corrents principals, una situació de corrent estable del sud-oest a tota la columna d'aigua i una altra amb corrent del sud-oest en el fons però del nord-est en superfície, just en sentit contrari (Figures 4b i c), cosa que mostra la variabilitat que es pot donar a la zona i la complexitat inherent als estudis de dispersió larvària, que requereixen informació sobre la distribució horitzontal i vertical del ous i larves.

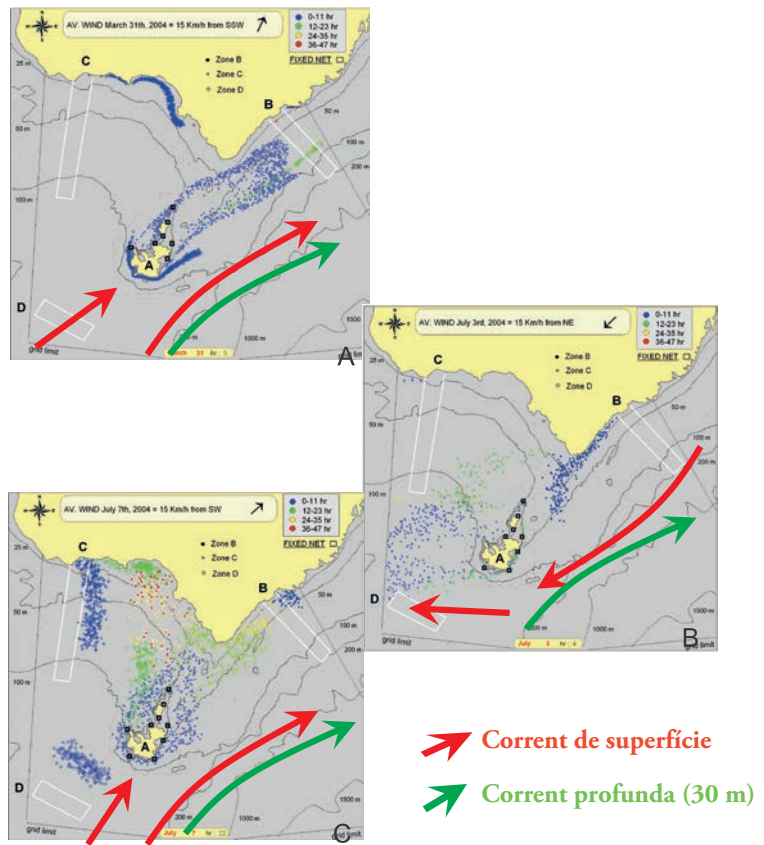


Figura 24. Direcció de les corrents principals a Cabrera durant les campanyes BIOMEX: a) Primavera 2004, campanya 2; b) i c) Estiu 2004, campanya 7 (de Crechriou *et al.*, 2010).

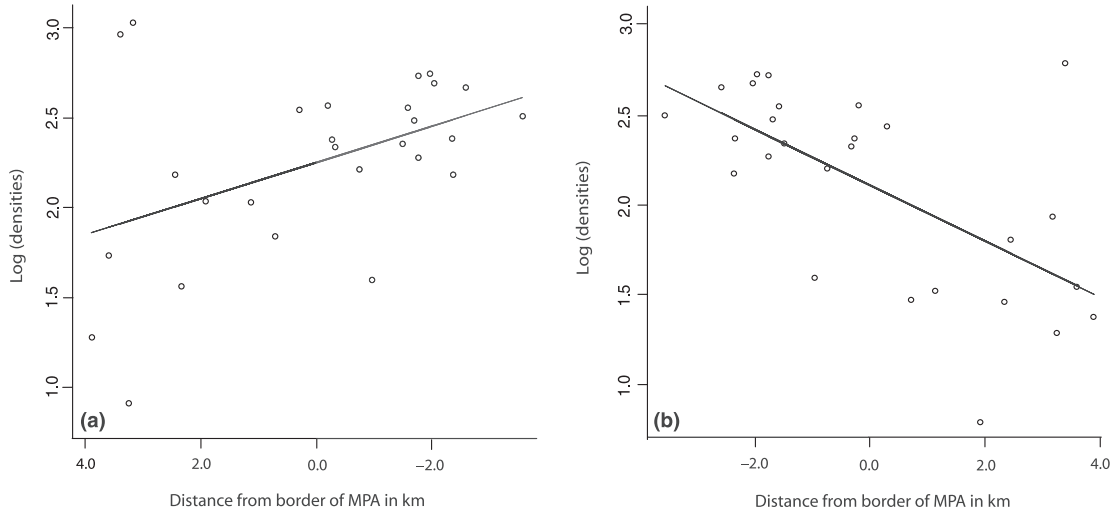


Figura 25. Tendències en l'abundància d'ous de *Coris julis* en relació amb la distància a les zones protegides del PNMTAC a les estacions situades a favor de corrent (a) i contra corrent (b). L'àrea gris indica estacions dins dels límits del Parc (de Crec'hriou *et al.*, 2010).

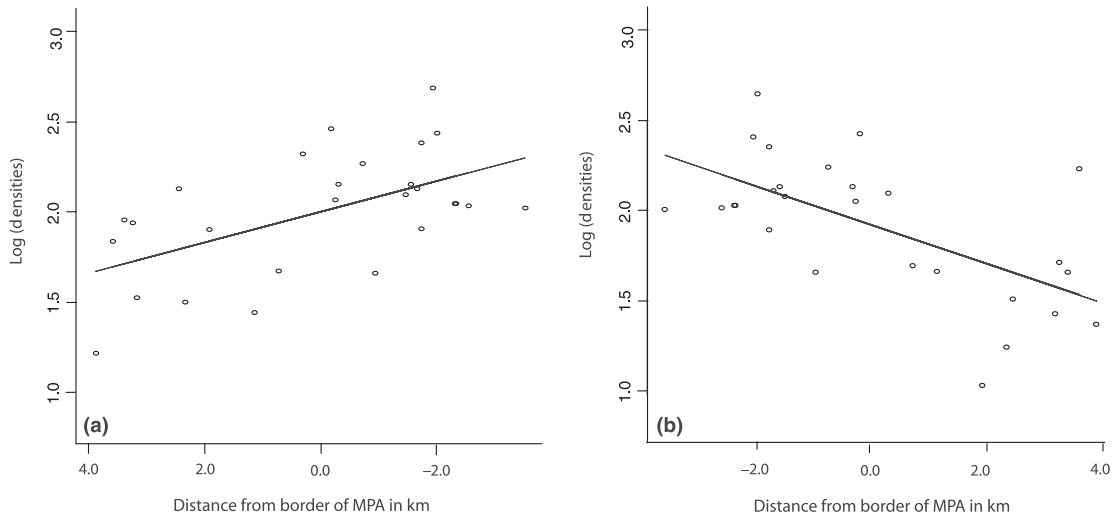


Figura 26. Tendències en l'abundància d'ous de *Epinephelus sp.* en relació amb la distància a les zones protegides del PNMTAC a les estacions situades a favor de corrent (a) i contra corrent (b). L'àrea gris indica estacions dins dels límits del Parc (de Crec'hriou *et al.*, 2010).

L'anàlisi dels ous i larves de les mostres recollides amb xarxes tipus Bongo 60 (187 mostres, 80.957 larves i 17.7847 ous) i xarxes fixes (156 mostres vàlides, amb 30.663 larves i 332.797 ous) va identificar 117 taxons, tots ja citats a treballs sobre comunitats ictioplànctòniques a l'entorn del PNMTAC (Alemany, 1997; Rodríguez *et al.*, 2013; Álvarez *et al.*, 2015b). Les anàlisis al marc del BIOMEX es centraren en set taxons considerats representatius de l'efecte reserva: *Coris julis*, *Epinephelus spp.* (essencialment *E. marginatus* i *E. costae*, espècies amb similar distribució) *Mullus barbatus*, *Sciaena umbra*, *Scorpaena porcus*, *Serranus hepatus* i *Serranus cabrilla* (Crec'hriou *et al.*, 2010). Les densitats dels ous identificables d'aquests taxons a les diferents pesques es detallen a la taula XII. Només es va poder demostrar de forma estadísticament significativa l'existència d'exportació d'ous des del PNMTAC cap a l'exterior per a *Coris julis* i a *Epinephelus spp.* A les figures 25 i 26 es mostren les variacions en l'abundància d'ous d'aquests taxons en relació amb la distància a les zones protegides del PNMTAC. Per a la resta d'espècies no es van poder demostrar efectes significatius, en uns casos, com el de *Sciaena umbra*, per la baixa densitat de mostres i

en altres, com el de les distintes espècies de *Scorpaena spp.*, perquè en una mateixa categoria es mesclaven diverses espècies amb característiques ecològiques molt diferents.

Taula XII. Densitats mitjanes d'ous de les principals espècies objectiu recollits a la campanya de juliol del projecte BIOMEX, en individus/1000 m³ (dades de Crec'hriou *et al.*, 2010).

Taxó	Xarxes fixes		Xarxes Bongo 60	
	Densitat	Desviació estàndard	Densitat	Desviació estàndard
<i>Scorpaena sp.</i>	345.40	1944.35	31.64	173.91
<i>Coris julis</i>	807.91	626.86	250.34	286.34
<i>Sciaena umbra</i>	60.49	181.93	33.76	29.59
<i>Epinephelus sp.</i>	471.47	641.51	121.47	144.73

Pel que fa a les larves, només les de *C. julis* mostraren patrons espacials significatius d'exportació des de les zones de reserva. Entre les causes de la dificultat per demostrar l'existència d'*spillover* estan la presència fora de la reserva d'importantes poblacions adultes de les espècies seleccionades i l'alta variabilitat espacial i temporal de la distribució larvària. En general, aquest primer estudi sobre els processos d'exportació larvària al PNMTAC va mostrar la dificultat de distingir entre els efectes del escenari hidrodinàmic i l'efecte reserva en la distribució d'ous i larves de peixos. Així i tot, per a algunes espècies es detectaren gradients compatibles amb una producció major dins les zones de reserva i una exportació neta d'ous i larves cap a zones accessibles a la pesca.

Projecte TALACA

Com al BIOMEX, al projecte TALACA l'estudi dels processos de retenció i dispersió larvària es va basar en una modelització d'alta resolució de la hidrodinàmica de la zona. Les anàlisis dels camps de vent al període 2000-2009 van detectar dos escenaris principals, que comprenen el 79% de la variabilitat observada. El Mode 1 el conforma una situació de vents de nord/nord-est, típic de la situació anticiclònica estival, mentre que el Mode 2 està lligat al pas de tempestes que travessen la península Ibèrica, amb vents de ponent i llebeig, i s'alterna amb l'anterior durant la primavera. El model hidrodinàmic forçat amb els camps de vents reals va mostrar una circulació predominant cap al sud i ponent quan es dona el Mode 1, mentre que el forçament del Mode 2 resulta en una circulació general cap a llevant. A la zona de Cabrera el Mode 1 genera un flux paral·lel a la costa cap a ponent, amb un gir ciclònic al ponent de Cabrera i un àrea de fluxos febles cap a l'oest, mentre que amb el Mode 2 el flux general es l'invers. Aquest model general s'utilitzà per estimar la dispersió de partícules passives entre març i agost entre 25 àrees costaneres d'uns 6 Km d'amplària al llarg de tota la costa sud de Mallorca, de la Dragonera a Artà. Els resultats de les anàlisis es recullen a Basterretxea *et al.* (2012) i mostren que al cap de tres setmanes, temps que equival a la durada mitjana del període de vida planctònica de la majoria de peixos de la zona, el 30% (+/- 14%) de partícules romanen a la mateixa àrea i un altre 30% (+/- 10%) són dispersades mar endins. Les zones amb major retenció són la badia de Palma i el PNMTAC, amb un 46% de retenció (+/- 4%), pels processos de recirculació induïts per l'arxipèlag de Cabrera en interactuar amb el flux general. Els percentatges de retenció de cada zona es detallen a la Fig. 27. L'anàlisi espectral de les dades de corrents proporcionades per l'ADCP fondejat al canal de Cabrera també va permetre detectar la presència d'ones internes atrapades induïdes per vent, que juguen un paper fonamental a la circulació de plataforma, condicionant la dinàmica espacial del plàncton i els cicles biogeoquímics en induir resuspensió de sediments (Jordi *et al.*, 2009).

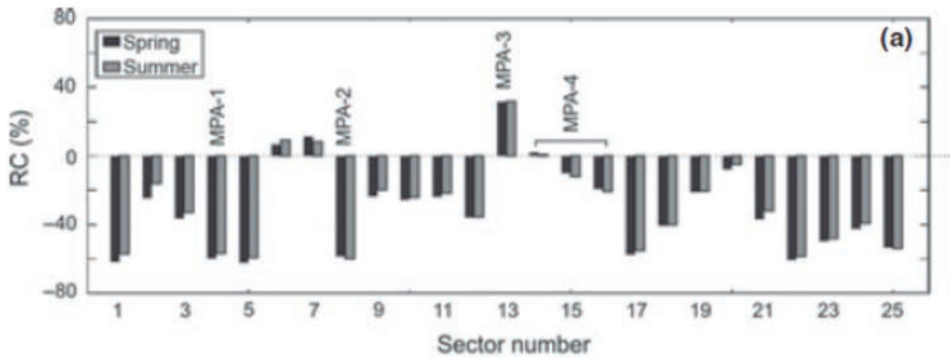


Figura 27. Percentatges de retenció (RC) de les distintes cel·les costaneres del projecte TALACA. El signe indica si el balanç entre exportació i reclutament és negatiu o positiu (de Basterretxea *et al.*, 2012).

L'estudi de l'evolució temporal de les agrupacions ictioplànctòniques dins del PNMTAC i del canal de Cabrera entre primavera i estiu (març/agost, cobrint el període reproductor de la majoria dels peixos presents a l'àrea) va mostrar una clara pauta estacional, amb majors abundàncies i menor diversitat a primavera que a l'estiu (Álvarez *et al.*, 2012). S'analitzaren 3.583 larves de peixos, identificant-se 8 espècies epipelàgiques, 15 mesopelàgiques i 35 bentòniques, totes ja citades a la mar Balear en treballs anteriors (Alemany, 1997; Alemany *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2013). Les abundàncies varen ser de menys de 50 individus/m² a l'inici del període d'estudi, per augmentar fins a màxims de 150 individus/m² a finals d'abril i mantenir-se després al voltant de 100 individus/m² la resta de mesos. En canvi, el nombre d'espècies va augmentar amb el temps, amb els valors més alts en juliol i agost. L'evolució temporal de l'abundància de les distintes espècies es mostra a la Fig. 28. S'identificaren dues agrupacions costaneres, una de primavera, quan les temperatures eren inferiors a 20°C, dominada per espècies amb un rang d'hàbitat ampli, com *Boops boops*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus* o *Spicara smaris*, i un altra estival, caracteritzada per espècies bentòniques com *Coris julis*, *Serranus hepatus*, *Serranus cabrilla* i *Mullus spp.*, entre d'altres. El canvi entre aquests dos tipus d'agrupacions es va donar a primers de juny, coincidint amb l'inici de les condicions d'estratificació i el pic de producció bentònica.

Álvarez *et al.* (2012) suggereixen que hi ha un canvi estacional a nivell ecosistèmic en el que les xarxes tròfiques passen d'estar basades en el sistema pelàgic al bentònic i que aquest canvi té una marcada influència en les estratègies reproductives de les espècies que habiten el PNMTAC. Així, mentre que les espècies que tenen posta primaveral estarien acoblades a la dinàmica planctònica, les espècies costaneres residents canalitzarien els fluxos d'energia a través de l'acoblament amb el cicle estacional del sistema bèntic, en el que les praderes de *Posidonia oceanica* juguen un paper fonamental per al manteniment de les poblacions de peixos.

Finalment, al TALACA es van intentar identificar els factors que determinen l'autoreclutament al PNMTAC, mitjançant una campanya ictioplànctònica feta al mes de juliol sobre una densa xarxa d'estacions cobrint tot l'arxipèlag de Cabrera i el seu entorn immediat (Basterretxea *et al.*, 2013). Es mostrejaren 7.023 larves, de les quals el 89,5% va poder ser assignat a 60 taxons, tots ells ja citats a estudis previs a l'àrea (Alemany, 1997; Alemany *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2013), essent el més abundant *Cyclothone braueri* (25% i present a totes les estacions). També varen ser abundants les larves d'espècies costaneres com *Chromis chromis* i *Coris julis*, representant respectivament el 9 i 6% del total de larves i més del 13% de les d'espècies costaneres. Les anàlisis de similitud distingiren dos grups principals d'estacions, unes situades a la part oceànica del front hidrogràfic detectat a l'àrea d'estudi, que separa aigües superficials atlàntiques residents d'aigües atlàntiques recents (grup O), i unes altres, en general més someres, situades al nord del front (grup C). El grup O estava constituït principalment per espècies mesopelàgiques (gonostomàtids com *Cyclothone braueri* i mictòfids com *Hygophum hygomii*, *Ceratoscopelus maderensis* i *Lampanyctus pusillus*) i per larves de grans pelàgics (*T. alalunga*). El grup C es caracteritzà per l'alta abundància de *Chromis chromis*, Gobiidae, *Coris julis* i *Trachinus draco*. La distribució espacial es mostra a la Fig. 29.

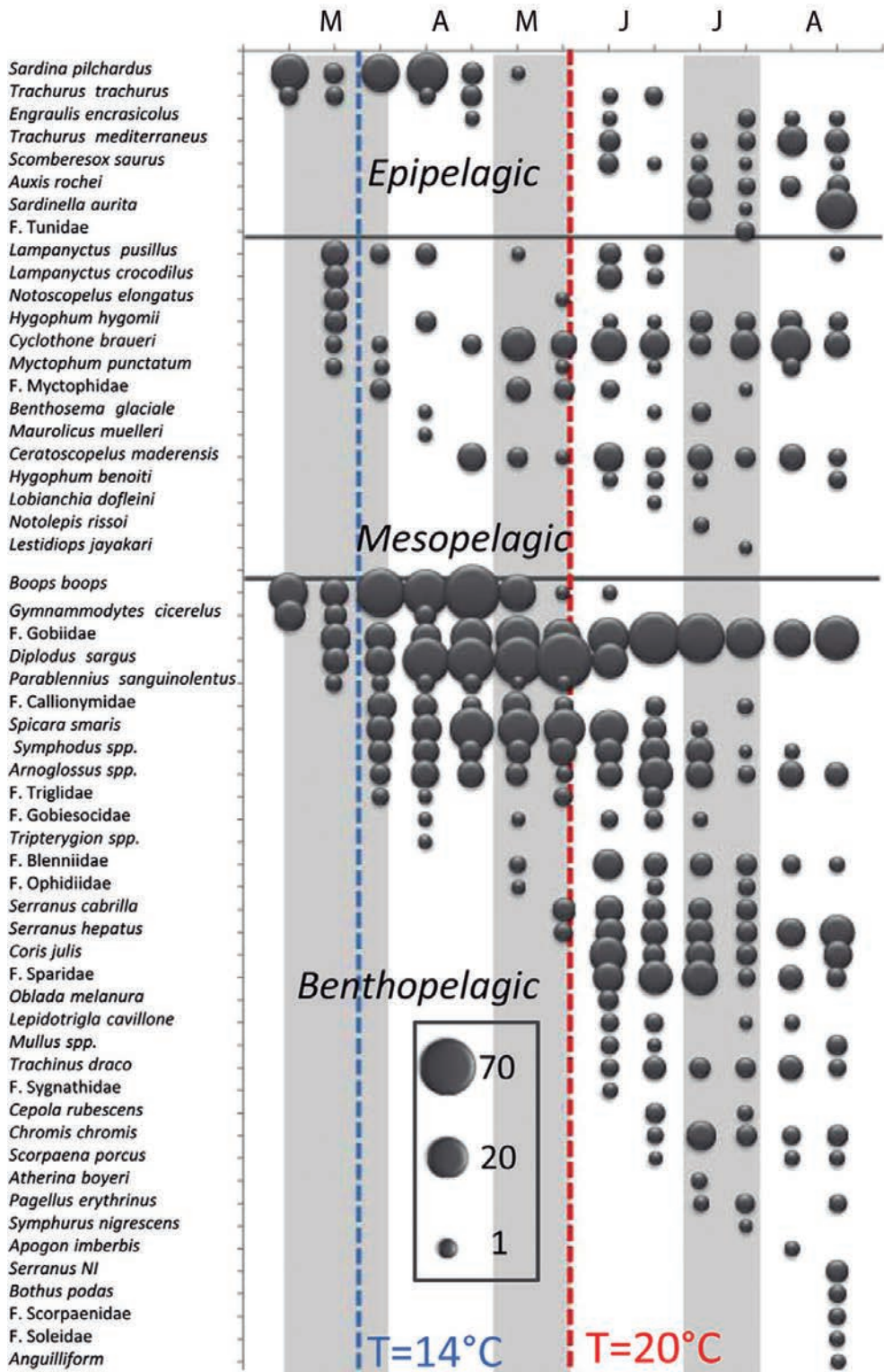


Figura 28. Abundància (ind. m⁻²) del taxons de larves de peixos identificats al marc del seguiment de comunitats ictioplànctòniques al PNMTAC realitzat al projecte TALACA. Els cercles són proporcionals a la quarta arrel de les abundàncies (de Álvarez *et al.*, 2012).

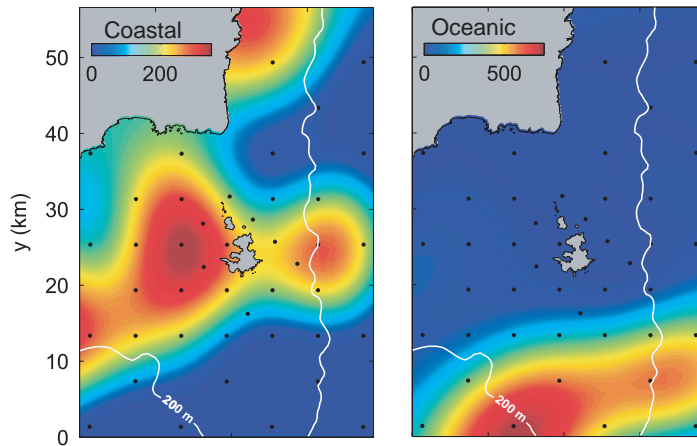


Figura 29. Distribució de les agrupacions O (oceànica) i C (costanera) definides a la campanya TALACA de juliol de 2007 (de Basterretxea *et al.*, 2013).

La conclusió general dels autors és que la regulació de la dinàmica espacial de les larves de peixos al PNMTAC i voltants depèn principalment d'una combinació de processos de retenció efímers produïts per la interacció de fluxos oscil·latoris de corrents induïdes pel vent, concretament ones internes atrapades per les illes, amb la topografia del arxipèlag. Un segon procés regulador, sobre tot a les zones sobre el talús i a mar oberta, serien estructures frontals de mesoescala, com fronts entre masses d'aigües superficials atlàntiques residents i recents, més persistents que els que controlen la circulació a petita escala sobre la plataforma, que poden actuar com barreres a la dispersió mar endins de les agrupacions larvàries costaneres. Un tercer factor, deduït de la distribució de talles de larves d'algunes espècies al voltant del arxipèlag de Cabrera i dels models de dispersió de partícules d'alta resolució, seria el comportament de les larves, tant en migracions verticals com per l'increment de la seva capacitat de nadar contra corrent a mesura que avança el desenvolupament. En general, les aigües de l'entorn del PNMTAC constitueixen un sistema relativament estable on els processos d'autoreclutament permeten el manteniment a llarg termini de les poblacions reproductores, sense dependre de l'importació de larves des de Mallorca.

AGRAÏMENTS

Als autors volen expressar el seu agraïment a tot el personal participant a les campanyes de mostreig descrites, i especialment als autors de les publicacions i informes en els quals s'ha basat aquest capítol, així com a les institucions que varen finançar els diversos projectes d'investigació descrites, detallades a les referències bibliogràfiques derivades de cadascun d'aquests projectes d'investigació. Així mateix, els autors agraeixen a l'Organització de Productors Pesquers OP Mallorca Mar que ens hagi facilitat els fulls de venda diària durant el període 2000-2014

REFERÈNCIES

- Agawin, N.S., Duarte, C.M. i Agustí, S., 2000. Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production. *Limnology and Oceanography*, 45: 591-600.
- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.), 1993. *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC- Edit. Moll. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2. 778 pp.
- Alemany, F., 1997. *Ictioplancton del Mar Balear*. Tesi Doctoral Universitat de les Illes Balears, 610 pp.
- Alemany, F., Deudero, S., Morales-Nin, B., Lopez-Jurado, J.L., Jansa, J., Palmer, M. i Palomera, I., 2006. Influence of physical environmental factors on the composition and horizontal distribution of summer larval fish assemblages off Mallorca island (Balearic archipelago, western Mediterranean). *Journal of Plankton Research*, 28(5): 473-487.
- Alemany, F., Quintanilla, L., Velez-Belchí, P., García, A., Cortés, D., Rodríguez, J.M., Fernández de Puelles, M.L., González-Pola, C. i López-Jurado, J.L., 2010. Characterization of the spawning habitat of Atlantic bluefin tuna and related species in the Balearic Sea (western Mediterranean). *Progress in Oceanography* 86: 21-38.

- Álvarez, A., Catalán, I.A., Jordi, A., Palmer, M., Sabatés, A. i Basterretxea, G., 2012. Drivers of larval fish assemblage shift during the spring-summer transition in the coastal Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 97: 127-135.
- Álvarez, I., Catalán, I.A., Jordi, A., Alemany, F. i Basterretxea, G., 2015a. Interaction between spawning habitat and coastally steered circulation regulate larval fish retention in a large shallow temperate bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 167: 377-389.
- Álvarez, I., Rodríguez, J.M., Catalán, I.A., Hidalgo, M., Álvarez-Berastegui, D., Balbín, R., Aparicio-González, A. i Alemany, F., 2015b. Larval fish assemblage structure in the surface layer of the northwestern Mediterranean under contrasting oceanographic scenarios. *J. Plankton Res.*, 0(0): 1-17. doi:10.1093/plankt/fbv055.
- Anònim, 2006. *Assessment of BIOMass Export from marine protected areas & its impacts on fisheries in the western Mediterranean Sea*. BIOMEX, QLRT-2001-0891 / Final report, 503 pp.
- Balbín, R., Flexas, M.M., López-Jurado, J.L., Peña, M., Amores, A. i Alemany, F., 2012. Vertical velocities and biological consequences at a front detected at the Balearic sea. *Continental Shelf Research*, 47: 28-41.
- Balbín, R., López-Jurado, J.L., Flexas, M.M., Reglero, P., Vélez-Velchí, P., González-Pola, C., Rodríguez, J.M., García, A., Alemany, F., 2013. Interannual variability of the early summer circulation around the Balearic Islands: driving factors and potential effects on the marine ecosystem. *Journal of Marine Systems*, doi: 10.1016/j.jmarsys.2013.07.004
- Basterretxea, G., Sabatés, A., Jordi, A., Catalán, I.A., Álvarez, I., Palmer, M. i Morales-Nin, B., 2010. Transporte y acumulación de larvas de peces en el Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera (PNAC). In: Asensio, B., 2010. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2006-2009: 343-356*. ISBN 9788480147804, Editorial Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Basterretxea, G., Jordi, A., Catalán, I.A. i Sabates, A., 2012. Model-based assessment of local-scale fish larval connectivity in a network of marine protected areas. *Fisheries Oceanography*, doi:10.1111/j.1365-2419.2012.00625.x
- Basterretxea, G., Catalán, I.A., Jordi, A., Álvarez, I., Palmer, M. i Sabates, S., 2013. Dynamic regulation of larval fish self-recruitment in a marine protected area. *Fish. Oceanogr.*, 22(6): 477-495.
- Berline, L., Siokou-Frangou, I., Marasović, I., Vidjak, O., Fernández de Puellas, M.L., Mazzocchi, M.G., Assimakopoulou, G., Zervoudaki, S., Fonda-Umani, S., Conversi, A., Garcia-Comas, C., Ibanez, F., Gasparini, S., Stemmann, L. i Gorsky, G., 2012. Intercomparison of six Mediterranean zooplankton time series. *Progress in Oceanography*, 97-100: 76-91.
- Bernal, A., 2014. *Ecología trófica y estructura de la comunidad de peces mesopelágicos del Mediterráneo Occidental*. PhD Thesis 307 pp.
- Boero, F., Fogliani, F., Fraschetti, S., Goriup, P., Macpherson, E., Planes, S. i Soukissian, T., 2016. CoCoNet Consortium: Towards COast to COast NETworks of Marine Protected Areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential. *SCientific RESearch and Information Technology Ricerca Scientifica e Tecnologie dell'Informazione*, Vol 6: 1.95.
- Bohnsack, J.A. 1992. Reef resource habitat protection: the forgotten factor. *Marine Recreational Fisheries*, 14: 117-129.
- Carbonell, A., Tor, A., Alvarez-Berastegui, D., Vélez-Belchi, P., Dos Santos, A., Balbín, R. i Alemany, F., 2014. Environmental driving forces determining the epipelagic decapod larval community distribution in the Balearic Sea (Western Mediterranean). *Crustaceana*, 87(6): 686-714.
- Cowen, R.K., Lwiza, K.M., Sponaugle, S., Paris, C.B. i Olson, D.B., 2000. Connectivity of marine populations: open or closed?. *Science*, 287: 857-859.
- Crec'hriou, R., Alemany, F., Roussel, E., Chassanite, A., Marinaro, J.Y., Mader, J., Rochel, E. i Planes, S., 2010. Fisheries replenishment of early life taxa: potential export of fish eggs and larvae from a temperate marine protected area. *Fish. Oceanogr.*, 19(2): 135-150.
- Crowder, L.B., Lyman, S.J., Figueira, W.F. i Priddy, J., 2000. Source-sink population dynamics and the problem of sitting marine reserves. *Bull. Mar. Sci.*, 66: 799-820.
- Deudero, S., Merella, P., Morales-Nin, B., Massutí, E. i Alemany, F., 1999. Fish communities associated with FADs. *Sci. Mar.*, 63 (3-4): 199-207.
- Fernández de Puellas, M.L., Pinot, J-M. i Valencia, J., 2003. Seasonal and interannual variability of zooplankton community in waters off Mallorca island (Balearic Sea, Western Mediterranean): 1994-1999. *Oceanologica Acta*, 26: 673-686.
- Fernández de Puellas, M.L., Alemany, F. i Jansà, J., 2007. Zooplankton time-series in the Balearic Sea (Western Mediterranean): Variability during the decade 1994-2003. *Progress in Oceanography*, 74: 329-354.
- Fernández de Puellas, M.L., Macias, V., Vicente, L. i Molinero, J.C., 2014. Seasonal spatial pattern and community structure of zooplankton in waters off the Balearic archipelago (Central Western Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 138: 82-94.
- Ferrà, C., 2013. *Estructuración vertical de comunidades ictionplanctónicas estivales en el Mar Balear: variaciones nictimerales*. Memòria Treball de Fí de Màster Ecologia Marina UIB. 61pp.
- Gomis, D., Jordà, G., Balbín, R., Reñones, O. i Vázquez, M., 2020. Context oceanogràfic de l'illa de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P. i Terrasa, B (2020). *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*, Mon. Soc. Hist. Nt. Balears, 30: 101-129. ISBN 978-84-09-23487-5
- Jennings, S., 2001. Patterns and prediction of population recovery in marine reserves. *Rev. Fish Biol.Fish.*, 10: 209-231.
- Jones, G.P., Milicich, M.J., Emslie, M.J. i Lunow, C., 1999. Self-recruitment in a coral reef fish population. *Nature*, 40:

- 802–804.
- Jordi, A. i Wang, D.P. 2009 Mean dynamic topography and eddy kinetic energy in the Mediterranean Sea: Comparison between altimetry and a 1/16 degree ocean circulation model. *Ocean Modell.* 29:137-146.
- Kamler, E., 1992. *Early life history of fish: an energetics approach*. Vol. Chapman i Hall, London.
- López-Jurado, J.L., 1990. Masas de Aguas alrededor de las Islas Baleares. *Bol. Inst.Esp. Oceanogr.*, 6(2): 3-20.
- Massutí, E. i Reñones, O., 1994. Observaciones sobre la comunidad de peces pelágicos asociados a objetos flotantes en aguas oceánicas de Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 10(1): 81-93.
- Massutí, E., 1997. *Biology of Coryphaena hippurus Linnaeus, 1758 (Pisces: Coryphaenidae) in the Western Mediterranean*. Tesi Doctoral Universitat Illes Balears, 136 pp.
- Massutí, E., Morales-Nin, B. i Deudero, S., 1999. Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial purse nets. *Sci. Mar.*, 63 (3-4): 219-227.
- Massutí, E. i Morales-Nin, B. (Eds.), 1999. Biology and fisheries of dolphinfish and related species. *Scientia Marina*, 63 (3/4): 472 pp.
- Mella-Flores, D., Mazard, S., Humily, F., Partensky, F., Mahé, F., Bariat, L., Courties, C., Marie, D., Ras, J., Mauriac, R., Jeanthon, C., Mahdi Bendif, E., Ostrowski, M., Scanlan, D.J. i Garczarek, L., 2011. Is the distribution of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* ecotypes in the Mediterranean Sea affected by global warming? *Biogeosciences*, 8: 2785-2804.
- Mena, C., Reglero, P., Ferriol, P., Torres, A.P., Aparicio-González, A., Balbín, R., Santiago, R., Moyà, G., Alemany, F. i Agawin, N.S.R., 2016. Prokaryotic picoplankton spatial distribution during summer in a haline front in the Balearic Sea, Western Mediterranean. *Hydrobiologia*, 779: 243-257.
- Menge, B. A., 1992. Community regulation: under what conditions are bottom-up factors important on rocky shores?. *Ecology*, 73: 755–765.
- Moyà, G., Forteza, V. i Martínez-Taberner, A., 1989. Biomasa del Fitoplancton, Producció Primària y dinàmica de las Poblaciones fitoplanctónicas. In: *Oceanografía y Producción Pesquera en el Archipiélago Balear. Informe final*.
- Olivar, M.P., Bernal, A., Molí, B., Peña, M., Balbín, R., Castellón, A., Miquel, J. i Massutí, E., 2012. Vertical distribution, diversity and assemblages of mesopelagic fishes in the western Mediterranean. *Deep-Sea Research*, 62: 53–69.
- Olivar, M.P., Sabatés, A., Alemany, F., Balbín, R., Fernández de Puellas, M-L. i Torres, A.P., 2014. Diel-depth distributions of fish larvae off the Balearic Islands (western Mediterranean) under two environmental scenarios. *Journal of Marine Systems*, 138: 127–138.
- Peña, M., Olivar, M.P., Balbín, R., López-Jurado, J.L., Iglesias, M. i Miquel, J., 2014. Acoustic detection of mesopelagic fishes in scattering layers of the Balearic Sea (western Mediterranean). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. DOI: 10.1139/cjfas-2013-0331.
- Planes, S., Galzin, R., Rubies, A. G., Goñi, R., Harmelin, J. G., Le Diréach, L., Lenfant, P. i Quetglas, A. 2000. Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environ. Conserv.*, 27:126–143.
- Reglero, P., Santos, M., Balbín, R., Laíz-Carrión, R., Álvarez-Berastegui, D., Ciannelli, L., Jiménez, E. i Alemany, F., 2017. Environmental and biological characteristics of Atlantic bluefin tuna and albacore spawning habitats based on their egg distributions. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 140: 105-116.
- Riera, T. i Blasco, D., 1967. Plàncton superficial del Mar de Balears, en julio de 1966. *Inv. Pesq.*, 31(3):463-484.
- Riera, F., Grau, A., Grau, A.M., Pastor, E., Quetglas, A. i Pou, S., 1999. Ichthyofauna associated with drifting floating objects in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Sci. Mar.*, 63 (3-4): 229-235.
- Rodríguez, J.M., Álvarez, I., López-Jurado, J.L., García, A., Balbín, R., Álvarez-Berastegui, D., Torres A.P. i Alemany, F., 2013. Environmental forcing and the larval fish community associated to the Atlantic bluefin tuna spawning habitat of the Balearic region (Western Mediterranean), in early summer 2005. *Deep-Sea Research*, 77: 11-22.
- Roberts, C.M., 1997. Connectivity and management of Caribbean coral reefs. *Science*, 278: 1454–1457.
- Torres, A.P., Reglero, P., Balbín, R., Urtizberea, A. i Alemany, F., 2011. Coexistence of larvae of tuna species and other fish in the surface mixed layer in the NW Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 33 (12): 1793–1812.
- Torres, A.P., Dos Santos, A., Balbín, R., Alemany, F., Massutí, E. i Reglero, P., 2014. Decapod crustacean larval communities in the Balearic Sea (western Mediterranean): Seasonal composition, horizontal and vertical distribution patterns. *Journal of Marine Systems*, 138: 112–126.
- Torres, A.P. 2015. *Decapod crustacean larvae inhabiting offshore Balearic sea waters (Western Mediterranean): taxonomy and ecology*. Tesi Doctoral, Universitat de les Illes Balears, 226 pp.
- Uysal, Z. i Koksalan, I., 2010. *Synechococcus* dynamics in the Levantine basin shelf waters (northeastern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, 11: 277–294.
- Valencia, J., 2013. *Variación estacional del fitoplancton en una estación nerítica del Canal de Mallorca (Mediterráneo Occidental): 2000-2001*. Tesi Doctoral, Universidade da Coruña, 306 pp.
- Vives, F., 1993. Aspectes hidrogràfics i planctònics dels voltants de l'Arxipèlag de Cabrera. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.) *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC-Edit. Moll. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 487-502.
- Zaragoza, N., Quetglas, A., Hidalgo, M., Álvarez-Berastegui, D., Balbín, R. i Alemany, F., 2014. Effects of contrasting oceanographic conditions on the spatiotemporal distribution of Mediterranean cephalopod paralarvae. *Hydrobiologia*, DOI 10.1007/s10750-014-2132-x

EL BENTOS DELS FONTS INFRALITORALS

Enric Ballesteros¹ Emma Cebrian^{1,2} Natàlia Sant¹ Fiona Tomas^{3,4} Conxi Rodríguez-Prieto² Paula López-Sendino⁵ Susana Pinedo¹

¹ Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC, 17300 Blanes, Girona

² Departament de Ciències Ambientals, Universitat de Girona, C. Maria Aurèlia Capmany 69, 17300 Girona

³ Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB), C. Miquel Marqués 21, 07190 Esporles, Illes Balears

⁴ Department of Fisheries and Wildlife, Oregon State University, Oregon, USA

⁵ Institut de Ciències del Mar-CSIC, 08003 Barcelona

Enric Ballesteros (kike@ceab.csic.es)

Ballesteros, E., Cebrian, E., Sant, N., Tomás, F., Rodríguez-Prieto, C., López-Sendino, P. i Piñedo, S. (2020). El bentos dels fons infralitorals. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Es recopilen les novetats més significatives sobre el coneixement dels fons infralitorals rocosos de l'arxipèlag de Cabrera des que va ser declarat Parc Nacional i es presenten unes primeres dades dels fons infralitorals sedimentaris. Es llisten un total de 36 hàbitats rocosos i 12 sedimentaris, alguns dels quals estan dominats per espècies vulnerables des del punt de vista de la conservació (algues Fucals) i d'altres per espècies invasores (*Caulerpa cylindracea*, *Halimeda incrassata*). Tots ells són també presents a la veïna illa de Mallorca. Es llisten un total de 194 noves citacions per a l'arxipèlag (3 cianobacteris, 9 cloròfits, 17 ocròfits, 43 rodòfits, 60 poliquets, 41 crustacis, 17 mol·luscs, 1 sipuncúlid, 3 equinoderms i 1 cefalocordat). Es realitza una primera caracterització dels hàbitats de sorres grosses, sorres mitjanes i sorres fines de l'arxipèlag, els quals estan dominats pel bivalve *Loripes orbiculatus*, mentre que els bivalves típics d'aquests fons al litoral peninsular són escassos. L'abundància de *L. orbiculatus*-espècie indicadora d'alts continguts en matèria orgànica al sediment-sembla anar lligada a l'abundància de detritus de *Posidonia oceanica* als sediments mostrejats. Hi ha tres espècies d'algues amb característiques invasores als fons infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera: *Caulerpa cylindracea*, *Lophocladia lallemandii* i *Halimeda incrassata*. *Lophocladia lallemandii* -molt abundant entre els anys 2003 i 2014- està en clara regressió per causes desconegudes. *Halimeda incrassata* està en progressió però ocupa només els fons sorrenes adjacents a sa Platgeta i cala Santa Maria. La proliferació de *Caulerpa cylindracea* sembla estar controlada pels herbívors. Els fons infralitorals de l'arxipèlag no estan exempts de mortalitats lligades a les anomalies tèrmiques (cas de l'esponja *Sarcotragus fasciculatus*) i de proliferacions d'algues brunes filamentoses (*Acinetospora crinita*, *Nematochryopsis marina*), de cianobacteris (*Oscillatoria miniata*) i d'agregats mucilaginosos (*Chrysophaeum taylorii* aquests restringits al port de Cabrera). Els fons infralitorals de l'arxipèlag, tot i les mesures de gestió que s'hi apliquen, no estan en condicions òptimes de conservació, no només a causa de les algues invasores, les mortalitats lligades a l'escalfament de l'aigua i les proliferacions d'algues i de mucíl·lids, sinó també a causa dels impactes que provoca la pesca artesanal. Advoquem per una reducció de la pressió pesquera que beneficiï la conservació enfront de l'exploració.

Paraules clau: *Balears, Cabrera, fons infralitorals, macroalgues, macroinvertebrats, hàbitats, algues invasores*

ABSTRACT

Benthos from the infralittoral zone. Here we summarize the new data obtained on the knowledge of infralittoral rocky bottoms of the Archipelago of Cabrera since its declaration as a National Park. We also present the first data on soft bottom habitats from the Archipelago. We list a total of 36 rocky and 12 soft-bottom habitats, some of them dominated by vulnerable species

regarding their conservation status (fucoid algae), but others dominated by invasive species (*Caulerpa cylindracea*, *Halimeda incrassata*). All these habitats are also present in the nearby island of Mallorca. A total of 194 taxa are new records for the fauna and flora of the National Park (3 cyanobacteria, 9 chlorophyta, 17 ochrophyta, 43 rhodophyta, 60 polychaeta, 41 crustacea, 17 mollusca, 1 sipunculida, 3 echinodermata, 1 cephalochordata). Coarse sands, medium sands and fine sands habitats are described; these are dominated by the bivalve *Loripes orbiculatus*, which contrasts with the scarcity of other bivalves that characterize these habitats in the continental coasts of Spain. The abundance of *L. orbiculatus* -a sign of high organic matter content in the sediment- is probably related to the abundance of detritus coming from the contiguous *Posidonia oceanica* meadows. Three macroalgae with invasive features are present in the infralittoral bottoms of the archipelago: *Caulerpa cylindracea*, *Lophocladia lallemandii* and *Halimeda incrassata*. *Lophocladia lallemandii* -extremely abundant from 2003 to 2014- is currently in regression for unknown reasons. *Halimeda incrassata* is colonizing the sandy area in front of sa Platgeta. The proliferation of *Caulerpa cylindracea* seems to be controlled by herbivores. The infralittoral bottoms of Cabrera are not exempt of mortalities related to warming (as is the case of the sponge *Sarcotragus fasciculatus*), and of blooms of filamentous brown algae (*Acinetospora crinita*, *Nematochryopsis marina*), cyanobacteria (*Oscillatoria miniata*) or mucilaginous aggregates (*Chrysophaeum taylorii* restricted to the Cabrera harbour). The infralittoral bottoms of Cabrera -despite the implementation of specific management measures- are not in optimal conservation conditions, not only because of invasive macroalgae, warming-related mortalities and algal and mucilaginous blooms, but also because of the impacts of the artisanal fishery. We advocate for a reduction of the fishing pressure to promote conservation over exploitation.

Key words: *Balearic Islands, Cabrera, infralittoral bottoms, macroalgae, macroinvertebrates, habitats, alien seaweeds*

INTRODUCCIÓ

Els fons infralitorals són una part important de l'arxipèlag de Cabrera i, sens dubte, els més visitats dels seus fons marins. Aquí parlarem de tots aquells fons situats entre els 0 i -aproximadament- els 35 metres de fondària, límit batimètric de l'estatge infralitoral a Cabrera. Comentarem les novetats en el coneixement aparegudes en els darrers 25 anys tant dels fons rocosos com dels fons sedimentaris, sense repetir la informació proporcionada a Ballesteros *et al.* (1993).

Les característiques ambientals dels fons infralitorals a l'arxipèlag de Cabrera ja han estat descrites a Ballesteros i Zabala (1993). Substrat, llum i hidrodinamisme són els principals paràmetres que determinen els hàbitats i la seva distribució a l'estatge infralitoral. A Cabrera l'estatge infralitoral es caracteritza per uns valors d'irradiància elevats, que oscil·len entre el 55 i el 5% de la irradiància superficial. La variació estacional és també important, amb aigües més tèrboles a l'hivern i més clares a l'estiu (Ballesteros i Zabala, 1993). A la part superior, on hi ha els hàbitats dominats per algues fotòfiles, aquesta irradiància oscil·la entre el 15 i el 55% de la superficial, mentre que a la part inferior varia entre el 5 i el 15%. Tot i així hi ha hàbitats on aquests nivells d'irradiància són inferiors ja que es localitzen en indrets ombrívols com ara parets verticals, entrades de coves o balmes. La llum, no obstant, no és l'únic factor ambiental important en l'estatge infralitoral ja que, en condicions normals, n'hi ha a bastament. El tipus de substrat i l'hidrodinamisme són tan o més importants que la llum en determinar el tipus d'hàbitat. Segons el tipus de substrat podem distingir els hàbitats dels fons rocosos i els hàbitats dels fons sedimentaris, de característiques molt diferents pel que fa als organismes que hi viuen. Els hàbitats dels fons sorrencs estan caracteritzats per la fauna que viu dins del sediment (infauna) mentre que els hàbitats dels fons rocosos es caracteritzen pels organismes que viuen sobre la roca (epifauna i epiflora). L'hidrodinamisme varia exponencialment en fondària i, per tant, els canvis principals es produeixen als nivells superiors (Ballesteros i Zabala, 1993), tant en fons durs com en fons tous. La temperatura no mostra una gran variació en fondària però sí estacionalment amb màximes de 25-27°C a l'agost i mínimes al voltant dels 14,5°C al febrer (Ballesteros i Zabala, 1993). Finalment, els nutrients mostren un cicle anual marcat, amb mínims durant l'estiu i la tardor (Ballesteros i Zabala, 1993).

En aquest capítol (1) recollirem els hàbitats infralitorals sobre substrat rocós presents a Cabrera, utilitzant la nomenclatura del llistat actual d'hàbitats marins a Espanya (Templado *et al.*, 2012), (2) donarem uns primers llistats de les espècies que poblen els fons tous infralitorals i una breu descripció d'alguns dels seus hàbitats, (3) posarem al dia les novetats en els coneixements sobre les macroalgues adquirits durant els darrers anys, (4) descriurem els principals resultats sobre aspectes ecosistèmics realitzats al parc, i (5) comentarem les mortalitats i desequilibris causats per proliferacions d'organismes bentònics oportunistes.

MATERIAL I MÈTODES

El recull dels hàbitats de la zona infralitoral de Cabrera -prenent com a referència el llistat d'hàbitats presents a la "Lista Patrón de Hábitats Marinos Españoles" (LPRE, Templado *et al.*, 2012)- s'ha elaborat amb la informació obtinguda de l'exploració de les aigües del Parc Nacional mitjançant la immersió en escafandre autònom durant els darrers 25 anys. Les novetats en els coneixements adquirits en les diferents temàtiques abordades es comenten basant-nos en observacions pròpies o en els documents publicats o inèdits als que hem tingut accés. Hi ha exemplars de la majoria de les macroalgues reportades a la secció d'algues de l'herbari de la Universitat de Girona (HGI). Les mostres de sorres recol·lectades per a caracteritzar els hàbitats sedimentaris de l'arxipèlag es van obtenir durant els mesos de juny i juliol de 2005 i 2007 mitjançant una draga van Veen de 600 cm², a fondàries compreses entre 7 i 12 m, i amb dues rèpliques per estació de mostreig (Es Port de Cabrera, s'Olla i llevant de l'illa des Conills). Les mostres es filtraven amb una xarxa de 500 µm, es fixaven tot seguit amb formaldehid al 10% en aigua de mar i es coloraven amb Rosa de Bengala. La identificació i quantificació dels organismes es feia al laboratori, identificant-los al nivell taxonòmic més baix possible i es comptava el nombre d'individus per a quantificar les seves abundàncies.

RESULTATS

HÀBITATS

L'exploració dels fons infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera ha permès la identificació de nombrosos hàbitats de la roca infralitoral i dels fons sorrencs. Aquests es presenten a la Taula I i es comentem breument a continuació.

Taula I. Hàbitats infralitorals al Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera seguint la classificació de la "Lista Patrón de Hábitats Marinos Españoles".

CODI LPRE	NIVELL	HÀBITATS
03	1	Estatges infralitoral i circalitoral
0301	2	Estatge infralitoral rocós i altres substrats durs
030102	3	Roca infralitoral superior moderadament exposada
03010221	4	Roca infralitoral superficial exposada, ben il·luminada, amb fucals
0301022102	5	Roca infralitoral superficial amb <i>Carpodesmia amentacea</i> var. <i>stricta</i>
03010222	4	Roca infralitoral superficial exposada, ben il·luminada, sense fucals
0301022201	5	Roca infralitoral superficial amb <i>Haliptilon virgatum</i>
0301022202	5	Roca infralitoral superficial ben il·luminada amb <i>Corallina elongata</i>
0301022203	5	Roca infralitoral superficial amb algues coral·linals i <i>Crambe crambe</i>
0301022204	5	Roca infralitoral superficial amb Dictiotals (<i>Dictyota fasciola</i> , <i>Taonia atomaria</i>)
03010223	4	Roca infralitoral superficial exposada, escassament il·luminada
0301022302	5	Roca infralitoral superficial escassament il·luminada amb <i>Corallina elongata</i>
0301022304	5	Roca infralitoral superficial amb <i>Parvocaulis parvulus</i> / <i>Botryocladia botryoides</i>

030103	3	Roca infralitoral superior protegida
03010305	4	Roca infralitoral d'indrets protegits de l'onatge, ben il·luminats, amb fucals
0301030504	5	Roca infralitoral amb <i>Carpodesmia brachycarpa</i> (= <i>balearica</i>)
0301030506	5	Roca infralitoral amb <i>Cystoseira foeniculacea</i>
0301030508	5	Roca infralitoral amb <i>Cystoseira compressa</i>
0301030509	5	Roca infralitoral amb <i>Treptacantha elegans</i>
0301030510	5	Roca infralitoral amb <i>Cystoseira compressa</i> ssp. <i>pustulata</i>
03010307	4	Roca infralitoral d'indrets protegits de l'onatge, ben il·luminats, sense fucals
0301030701	5	Roca infralitoral amb <i>Padina pavonica</i>
0301030702	5	Roca infralitoral amb <i>Dasycladus vermicularis</i> / <i>Acetabularia acetabulum</i>
0301030703	5	Roca infralitoral amb ceramiàcies
0301030705	5	Roca infralitoral amb <i>Halopteris scoparia</i> / <i>Cladostephus spongiosus</i>
03010309	4	Blancalls en roca infralitoral superior
0301030902	5	Blancalls amb <i>Neogoniolithon brassica-floridal</i> / <i>Pseudolithoderma adriaticum</i>
0301030904	5	Blancalls amb <i>Anemonia sulcata</i>
03010310	4	Roca infralitoral superficial de llocs protegits de l'onatge, escassament il·luminada
0301031001	5	Roca infralitoral superficial amb <i>Peyssonnelia squamaria</i>
0301031003	5	Roca infralitoral amb <i>Cladophora prolifera</i>
0301031004	5	Roca infralitoral superficial amb <i>Halimeda tuna</i>
0301031006	5	Roca infralitoral amb <i>Zonaria tournefortii</i>
030104	3	Roca infralitoral inferior
03010413	4	Roca infralitoral mitjanament il·luminada, amb fucals
0301041301	5	Roca infralitoral amb <i>Treptacantha ballesterosii</i>
0301041302	5	Roca infralitoral amb <i>Carpodesmia funkii</i>
03010414	4	Roca infralitoral mitjanament il·luminada, sense fucals
0301041402	5	Roca infralitoral amb <i>Dictyopteris polydoides</i> / <i>Dictyopteris lucida</i>
0301041403	5	Roca infralitoral amb <i>Halopteris filicina</i>
0301041405	5	Roca infralitoral amb <i>Codium bursa</i>
CODI LPRE NIVELL HÀBITATS		
03010415	4	Roca infralitoral d'indrets resguardats, escassament il·luminats, amb dominància algal
0301041501	5	Roca infralitoral profunda amb <i>Peyssonnelia squamaria</i> i <i>Flabellia petiolata</i>
0301041502	5	Roca infralitoral profunda amb <i>Halimeda tuna</i>
0301041503	5	Roca infralitoral escassament il·luminada, amb <i>Halopteris filicina</i>
03010416	4	Roca infralitoral d'indrets protegits de l'onatge, escassament il·luminada, dominada per invertebrats
0301041601	5	Roca infralitoral amb <i>Myriapora truncata</i>
0301041602	5	Roca infralitoral amb <i>Parazoanthus axinellae</i>
0301041603	5	Roca infralitoral amb Clavelinidae (<i>Pycnoclavella</i> spp., <i>Clavelina</i> spp.)
0301041604	5	Roca infralitoral amb esponges massives (<i>Ircinia variabilis</i> , <i>Dysidea avara</i>)
0301041605	5	Roca infralitoral amb hidrozous (<i>Sertularella</i> , <i>Eudendrium</i>)
0301041606	5	Roca infralitoral amb <i>Polycyathus muelleriae</i> , <i>Hoplangia durotrix</i> i altres antozous
0304	2	Estatges infralitoral i circalitoral sedimentaris
030401	3	Còdols i graves infralitorals i circalitorals
03040117	4	Fons de còdols de badies costaneres amb <i>Acetabularia acetabulum</i>
03040118	4	Fons de còdols infralitorals d'indrets exposats
03040119	4	Fons de còdols de la zona infralitoral inferior i d'indrets protegits de l'onatge

030402	3	Sorres i sorres fangoses infralitorals i circalitorals
03040218	4	Sorres grosses i graves infralitorals
03040219	4	Sorres mitjanes infralitorals
03040220	4	Sorres fines infralitorals ben calibrades
03040221	4	Sorres infralitorals d'indrets resguardats
03040222	4	Sorres fangoses infralitorals d'indrets protegits de l'onatge
03040223	4	Fons sedimentaris infralitorals inestables
0305	2	Alguers
030509	3	Alguers de <i>Cymodocea nodosa</i> de zones obertes, relativament profundes, sobre sorres
030512	3	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i>
03051201	4	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> sobre mata morta (altina)
0305120201	4	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> sobre roca o blocs rocósos
0305120202	4	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> sobre còdols
0305120203	4	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> sobre detrític
0305120204	4	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> sobre sorra
0305120205	4	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> sobre sorra fangosa
03051203	4	Mata morta de <i>Posidonia oceanica</i>
030513	3	Alguers en badies i llacunes i herbeis d'algues verdes rizomatoses
03051301	4	Alguers de fanerògames en badies i llacunes
0305130104	5	Alguers de badies amb <i>Cymodocea nodosa</i>
03051302	4	Herbeis d'algues verdes rizomatoses
0305130201	5	Herbeis de <i>Caulerpa prolifera</i>
0305130202	5	Herbeis de <i>Caulerpa cylindracea</i>
0305130203	5	Herbeis d' <i>Halimeda incrassata</i>

Els hàbitats infalitorals rocósos són molt presents a Cabrera. La part més superficial de l'estatge infralitoral superior es caracteritza sobretot per l'horitzó de *Carpodesmia amentacea* var. *stricta*, present en llocs batuts per les onades i ben il·luminats. Per sota seu i fins a uns 2 m de fondària hi ha una sèrie d'hàbitats dominats per algues coral·linals erectes com *Haloptilon virgatum* o *Corallina elongata*, però en alguns llocs també hi domina la dictiotal *Dictyota fasciola*. Aquests hàbitats també substitueixen l'horitzó de *Carpodesmia amentacea* var. *stricta* si aquest està absent. Als llocs escassament il·luminats l'hàbitat és atribuïble al de *Parvocaulis parvulus* i *Botryocladia botryoides*, tot i que cap de les dues espècies és comuna a Cabrera. Els hàbitats de *Cystoseira compressa* i *Cystoseira compressa* var. *pustulata* són propis de llocs arrecerats i per tant són rars a Cabrera. Excepcionalment, a S'Olló, trobem els hàbitats dominats per *Treptacantha elegans* i *Cystoseira foeniculacea* (Fig. 1a). Sens dubte, però, l'hàbitat més abundant a l'arxipèlag és el de *Carpodesmia brachycarpa* (= *balearica*) (Fig. 1b), que ocupa la major part dels fons rocósos situats entre 2 i 20 metres de fondària, sempre en zones ben il·luminades. Quan les condicions no són les òptimes per a *C. brachycarpa* l'hàbitat canvia. L'hàbitat de *Padina pavonica* és propi de zones amb un herbivorisme mitjà-intens però si aquest és elevat apareix l'hàbitat de *Neogoniolithon brassica-florida* i *Pseudolithoderma adriaticum*; en tenim bons exemples a la paret orientada al sud de S'Estell des Coll. *Dasycladus vermicularis* i *Acetabularia acetabulum* són propis de roques amb sorra abundant, entre els alguers, com passa a llevant de l'illa des Conills. L'hàbitat d'*Halopteris scoparia* domina en indrets d'herbivorisme mitjà, en recuperació, o en ambients no adequats per al desenvolupament de d'algues Fucals. Els blancalls amb *Anemonia sulcata* apareixen en zones sorrenques i superficials molt resguardades com la part més interna del Port de Cabrera. En zones situades a l'ombra hi ha diversos hàbitats dominats per diferents espècies: *Peyssonnelia squamaria* en balmes, *Halimeda tuna* en indrets poc il·luminats i concrecionats, *Cladophora prolifera* en zones encalmades i lleugerament eutrofitzades o *Zonaria tournefortii* en roques poc il·luminades i mitjanament agitades com el fons de l'entrada de Sa Cova Blava.

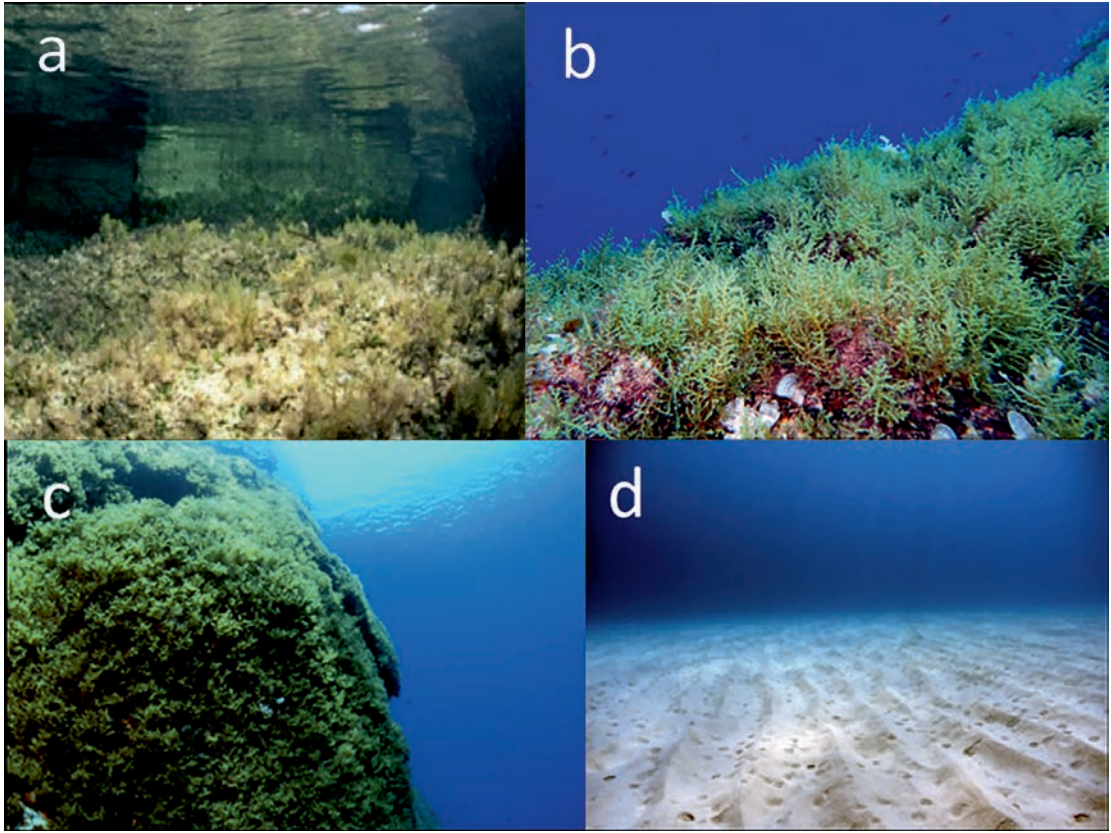


Figura 1. Hàbitats de (a) *Cystoseira foeniculacea* (L'Olló), (b) *Carpodesmia brachycarpa* (Ses Rates), (c) *Dictyopteris polypodioides* (Imperial) i (d) de sorres fines (Es Burrí).

L'hàbitat de *Treptacantha ballesterosii* (= *C. spinosa*) és freqüent a Cabrera, sobretot a l'estatge infralitoral inferior, a fondàries situades entre 15 i 30 m, però també a menys fondària (4-10 m) com en alguns indrets de cala Santa Maria. L'hàbitat de *Carpodesmia*, en canvi, és molt rar i el coneixem només de la paret de llevant de la Imperial, entre 30 i 35 m de fondària. L'hàbitat dominant a Cabrera entre 20 i 35 m és, però, el de *Dictyopteris polypodioides* (Fig. 1c) que sovint substitueix el de *Carpodesmia brachycarpa* en fondària a les parets inclinades i fons de blocs de la major part de l'arxipèlag. L'hàbitat amb *Halopteris filicina* prefereix els indrets amb menys hidrodinamisme i el de *Codium bursa*, rar, és propi de fons amb un cert grau de sedimentació. En zones amb il·luminació reduïda dominen les algues esciòfiles en els llocs amb més llum i els invertebrats en els indrets més foscos. L'hàbitat de *Peyssonnelia squamaria* i *Flabellia petiolata* és el més estès, mentre que *Halimeda tuna* domina en indrets amb un cert grau de concrecionament i *Halopteris filicina* en llocs plans amb un cert grau de sedimentació. Els hàbitats de *Myriapora truncata* i *Parazoanthus axinellae* són propis de coves i balmes, *Pycnoclavella* i *Clavelina* ocupen espais reduïts en zones de blocs, l'hàbitat amb les esponges massives *Ircinia variabilis* i *Dysidea avara* és propi de les entrades de coves, el dels grans hidrozous (*Eudendrium*) dels ressalts amb un cert hidrodinamisme i l'hàbitat amb antozous colonials ocupa els sostres i les parts més internes de les balmes. Tots aquests hàbitats infralitorals amb dominància d'invertebrats, tot i haver-los situats a la zona infralitoral inferior, apareixen també a poca fondària, en el domini de la zona infralitoral superior.

Podem distingir dos grans tipus d'hàbitats sedimentaris infralitorals. Per una banda, els fons de còdols que són semblants als fons rocosos des del punt de vista de les característiques dels hàbitats que contenen. *Acetabularia acetabulum* domina en els còdols més superficials de zones d'aigües encalmades, mentre que les zones superficials exposades tenen un baix recobriment d'algues. En canvi, a una certa fondària els fons de còdols alberguen una interessant població d'algues erectes,

moltes d'elles rodòfits gelatinosos, de desenvolupament primaveral. D'altra banda hi ha els fons sorrencs, caracteritzats sobretot per la infauna, la qual depèn principalment de la mida dels grans de sorra. A Cabrera podem distingir, en zones obertes, tres tipus d'hàbitats segons la mida mitjana del gra del sediment: l'hàbitat de les sorres grosses i graves, el de sorres mitjanes i el de sorres fines (Fig. 1d). En indrets arrecerats, com a S'Olló i a alguns llocs del Port de Cabrera, apareix l'hàbitat de sorres infralitorals d'indrets resguardats, mentre que en aigües mitjanament profundes del Port de Cabrera o vora el moll hi apareixen les sorres fangoses infralitorals. Els fons sedimentaris infralitorals inestables estarien caracteritzats per aquells ambients on es concentren grans quantitats de restes de fanerògames marines.

A la Taula I hi hem afegit també els hàbitats d'alguers. A part dels diferents hàbitats formats per *Posidonia oceanica* hem d'esmentar els alguers de *Cymodocea nodosa* de zones obertes com els que es fan a la zona d'Es Burrí, els alguers de *Cymodocea nodosa* del Port de Cabrera i de zones més resguardades com S'Olló, i els herbeis d'algues verdes rizomatoses. L'hàbitat de *Caulerpa prolifera*, present a l'entrada del port de Cabrera, actualment està envaït per *Caulerpa cylindracea*. Les dues espècies formen alguers mixtes en diversos fons sedimentaris de l'arxipèlag, encara que *C. cylindracea* pot aparèixer també sola. L'alguer d'*Halimeda incrassata*, de nova aparició a Balears (Álós *et al.*, 2016), de moment (2019) és només present davant de Sa Platgeta i cala Santa Maria.

Els fons sorrencs infralitorals

Totalment oblidats en el llibre d'Alcover *et al.* (1993), els fons sorrencs infralitorals de l'arxipèlag han estat molt poc estudiats si els comparem amb els fons rocosos. En el marc de projectes adreçats a implementar la Directiva Marc de l'Aigua a les Illes Balears s'han recollit mostres d'aquests ambients que en permeten una breu i alhora incompleta caracterització, però que representen un primer pas per a l'estudi d'aquests hàbitats a l'arxipèlag. En base a la mida mitjana dels grans de sorra hem identificat tres hàbitats diferents (Taula II).

Taula II. Distribució i abundàncies semiquantitatives dels tàxons presents a les comunitats de sorres infralitorals (sorres grosses, fines i mitjanes) estudiades a l'arxipèlag de Cabrera en tres indrets (illa des Conills, s'Olla i Es Port de Cabrera). L'escala semiquantitativa adoptada és la següent: d: dominant, a: abundant, c: comú. "s" vol dir "significatiu" i indica els tàxons més propis de l'hàbitat. Indiquem també les citacions noves per l'arxipèlag (x). Les abreviacions dels grups taxonòmics són els següents: biv: bivalve; act: actiniari, anf: amfipode; ofi: ofiuroïdeu; dec: decàpode; pol: poliquet; tan: tanaïdaci; tun: tunicat; sip: sipuncúlid; cef: cefalocordat; gas: gastròpode; cum: cumaci; ost: ostràcode; echi: equinoïdeu; iso: isòpode; mis: misidaci; nem: nematode; ner; nemertí; oli: oligoquet; arq: arquiànèlid; tur: turbel·lari. Al final s'indica el nombre de tàxons trobat per cada hàbitat.

Espècie	Grup	Cita nova			
		Conills Grosses	L'Olla Fines	Port Mitjanes	
<i>Acanthocardia paucicostata</i>	biv			c	x
Actiniidae no identificats	act		c		
<i>Ampelisca brevicornis</i>	anf		d		x
<i>Ampelisca pseudospinimana</i>	anf			c	x
Amfípodes no identificats	anf	c			
Amphiuridae no identificats	ofi			c	
<i>Anapagurus laevis</i>	dec			c	x
<i>Aonides oxycephala</i>	pol			c	x
<i>Aora gracilis</i>	anf		c	s	x
<i>Aora spinicornis</i>	anf		c	c	x
<i>Apherusa alacris</i>	anf		a		x
<i>Aponuphis bilineata</i>	pol	c	c	c	x
<i>Apseudopsis latreillii</i>	tan		as		x
<i>Arabella</i> sp.	pol		a		

<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	pol		c	ds	x
<i>Aricidea capensis bansei</i>	pol		c		x
<i>Aricidea cerrutii</i>	pol		s	c	x
<i>Armandia cirrhosa</i>	pol			c	x
Ascidis no identificats	tun			s	
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	sip			s	x
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	anf	a	a		x
<i>Bathyporeia nana</i>	anf		c		x
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	cef	c		c	x
Callianassidae no identificats	dec			c	
<i>Capitella capitata</i>	pol		c	c	x
<i>Caprella acanthifera</i>	anf		c		x
Cardiidae no identificat	biv			c	
<i>Caulleriella alata</i>	pol		s		x
<i>Caulleriella bioculata</i>	pol			c	x
Cephalaspidea no identificat	gas			c	
<i>Chaetozone setosa</i>	pol			s	x
<i>Chamelea gallina</i>	biv		ds	c	
<i>Cheirocratus sundevallii</i>	anf			as	x
<i>Chondrochelia savignyi</i>	tan			s	x
<i>Chone filicaudata</i>	pol			a	x
<i>Cirratulus cirratus</i>	pol			c	x
<i>Cirrophorus furcatus</i>	pol	c			x
<i>Crangon crangon</i>	dec		c		x
<i>Cumella limicola</i>	cum			c	x
Cypridinadae no identificat	ost		c		
<i>Dialychone arenicola</i>	pol		s		x
<i>Dialychone collaris</i>	pol			s	x
<i>Diogenes pugilator</i>	dec			c	
<i>Dosinia lupinus</i>	biv		s		x
<i>Echinocyamus pusillus</i>	echi			s	x
<i>Erichthonius punctatus</i>	anf		s		x
<i>Euclymene collaris</i>	pol		c	as	x
<i>Eunice vittata</i>	pol			c	x
<i>Eurydice affinis</i>	iso	a			x
<i>Eurydice spinigera</i>	iso	a			x
<i>Eurydice</i> spp.	iso	a	c	a	
<i>Eusyllis</i> spp.	pol	c			x
<i>Exogone dispar</i>	pol			a	x
<i>Exogone naidina</i>	pol		c	a	x
<i>Exogone verugera</i>	pol		as	a	x
<i>Fabriciola tonerella</i>	pol			a	x
<i>Fabulina fabula</i>	biv		s		x
Flabelligeridae no identificats	pol			c	
Gasteròpodes no identificats	gas	c		c	
<i>Gastrosaccus sanctus</i>	mis		c		x
<i>Gibberula</i> spp.	gas			c	
<i>Glycera oxycephala</i>	pol		c		x
<i>Guerneia coalita</i>	anf		c	c	x
Harpacticoids no identificats	cop			c	
<i>Hesionura serrata</i>	pol	c			x

<i>Iphinoe serrata</i>	cum		c	c	x
<i>Iphinoe tenella</i>	cum			c	x
<i>Iphinoe trispinosa</i>	cum		c		x
Isòpods no identificats	iso			c	
<i>Lekanesphaera</i> spp.	iso	a			
<i>Leptocheirus pectinatus</i>	anf	c		s	x
<i>Leucothoe incisa</i>	anf			c	x
<i>Leucothoe occulta</i>	anf			c	x
<i>Loripes orbiculatus</i>	biv		ds	a	x
<i>Lucinella divaricata</i>	biv		s	c	x
<i>Lumbrinerides acuta</i>	pol		c		x
<i>Lumbrineris latreilli</i>	pol			c	x
<i>Lysianassa caesarea</i>	anf		c		x
<i>Lysidice unicornis</i>	pol			c	x
<i>Magelona mirabilis</i>	pol		c		x
<i>Mastobranthus trinchessii</i>	pol			as	x
<i>Medicorophium runcicorne</i>	anf		c		x
<i>Megaluropus massiliensis</i>	anf	c	s		x
<i>Megaluropus monasteriensis</i>	anf	a			x
<i>Micronephthys stammeri</i>	pol		s	c	x
<i>Moerella donacina</i>	biv		s	c	x
<i>Myrtea spinifera</i>	biv		c		x
<i>Mytilaster marioni</i>	biv			c	x
Nematodes no identificats	nem	c		ds	
Nemertins no identificats	ner	c	c	ds	
<i>Nephtys cirrosa</i>	pol		c		x
<i>Nereis</i> spp.	pol			s	
<i>Notocirrus scoticus</i>	pol		c		x
<i>Notomastus latericeus</i>	pol		c		x
<i>Nototropis guttatus</i>	anf	c			x
<i>Nototropis massiliensis</i>	anf		c		x
<i>Odontosyllis fulgurans</i>	pol		c		x
Oedicerotidae no identificats	anf			c	
Oligoquets no identificats	oli	s		a	
<i>Ophiura albida</i>	ofi			c	x
<i>Ophiura ophiura</i>	ofi			c	x
Ofiuroïdeus no identificats	ofi			s	
Ostràcode no identificat 1	ost		c		
Ostràcode no identificat 3	ost			c	
Ostràcode no identificat 4	ost			s	
<i>Oxydromus pallidus</i>	pol	c		s	x
<i>Pagurus prideaux</i>	dec			c	x
<i>Papillicardium papillosum</i>	biv			c	
<i>Paradoneis armata</i>	pol		as	d	x
<i>Paradoneis ilvana</i>	pol	a	c		x
<i>Parapionosyllis brevicirra</i>	pol			c	x
<i>Parapionosyllis elegans</i>	pol	a			x
<i>Parexogone hebes</i>	pol	c			x
<i>Parvicardium minimum</i>	biv			c	x
<i>Parvipalpus</i> sp. 1	anf			c	
<i>Peresiella clymenoides</i>	pol		s		x

<i>Periocolodes aequimanus</i>	anf			c	x
<i>Periocolodes longimanus</i>	anf		a	a	x
<i>Philine aperta</i>	gas			c	x
<i>Phtisica marina</i>	anf	c	c	as	x
<i>Poecilochaetus serpens</i>	pol		c		x
<i>Polycirrus</i> spp.	pol			a	
<i>Prionospio cirrifer</i>	pol			a	x
<i>Prionospio fallax</i>	pol			a	x
<i>Prionospio multibranchiata</i>	pol		s		x
<i>Prosphaerosyllis campoyi</i>	pol			as	x
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	pol	s		a	x
<i>Protomystides bidentata</i>	pol	c		c	x
<i>Pseudocuma longicorne</i>	cum		c		x
<i>Pseudoprotella phasma</i>	anf		s		x
<i>Retusa umbilicata</i>	gas		c		x
<i>Rissoa parva</i>	gas			c	
<i>Saccocirrus</i> spp.	arq	as			
<i>Salvatoria clavata</i>	pol			c	x
<i>Scalibregma celticum</i>	pol			c	x
<i>Schistomeringos neglecta</i>	pol		c	s	x
<i>Scolaricia typica</i>	pol		as		x
<i>Scolecipis squamata</i>	pol	c			x
<i>Scoletoma impatiens</i>	pol			c	x
<i>Serratina serrata</i>	biv		c		x
<i>Sigalion mathildae</i>	pol		c		x
<i>Siphonocetes dellavallei</i>	anf	c			x
Sipuncúlids no identificats	sip			ds	
Spatangidae no identificats	echi			c	
<i>Sphaeroma serratum</i>	iso			a	x
<i>Spio decorata</i>	pol	c	s		x
<i>Spisula subtruncata</i>	biv		s		x
<i>Stenothoe elachistoides</i>	anf	c			x
<i>Stenothoe monoculoides</i>	anf		c		x
<i>Sthenelais limicola</i>	pol		c		x
<i>Syllidia armata</i>	pol			s	x
<i>Syllis beneliahuae</i>	pol			as	x
<i>Syllis rosea</i>	pol			c	x
<i>Tanaissus</i> spp.	tan		c		
<i>Tectonatica rizzae</i>	gas			c	x
<i>Tritia neritea</i>	gas	c			x
<i>Tritia pellucida</i>	gas		c		x
<i>Tritia pygmaea</i>	gas		c		x
Turbelaris no identificats	tur			c	
<i>Turritella</i> spp.	gas			c	
Veneridae no identificats	biv		c	c	
<i>Venus verrucosa</i>	biv			c	
Nº tàxons		33	71	98	

L'hàbitat de sorres grosses té una mida de gra mitjà superior a les 500 µm i la quantitat de matèria orgànica en el sediment és molt baixa (<0,8%). El percentatge de la fracció fina (<63 µm) és també molt baix (0,03%), la qual cosa no permet que es retingui matèria orgànica però tampoc

contaminants. El nombre de tàxons trobats a Cabrera és molt baix, en un hàbitat que ja és de per sí de baixa biodiversitat. La majoria d'organismes són carnívors i suspensívors. Hem de destacar l'elevada abundància dels amfípodes *Bathyporeia guilliamsoniana* i *Megaluropus monasteriensis*, diverses espècies d'isòpodes com *Eurydice affinis*, *Eurydice spinigera* i *Lekanosphaera* sp., i els poliquets *Paradoneis ilvana* i *Parapionosyllis elegans*. A més, els arquiànèl·lids del gènere *Saccocirrus* i els oligoquets són molt abundants i caracteritzen aquest ambient a Cabrera.

L'hàbitat de sorres mitjanes té una mida de gra situat entre les 250 i les 500 µm, amb un percentatge de matèria orgànica superior al 2,5%, sovint en forma de detritus provinents de *Posidonia oceanica*. El percentatge de la fracció fina augmenta fins al 8%. La fauna és molt més diversa -tant taxonòmicament com funcional- i abundant. Els poliquets són el grup més abundant i destaquem com a espècies més dominants a *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Chone filicaudata*, *Euclymene collaris*, *Exogone* spp., *Fabriciola tonerella*, *Mastobranchus trinchessii*, *Paradoneis armata*, *Prionospio cirrifer*, *Prionospio fallax*, *Polycirrus* spp., *Prosphaerosyllis campoyi*, *Protodorvillea kefersteini* i *Syllis beneliabuae*. Nematodes, nemertins, sipuncúlids i oligoquets són també abundants. D'entre els amfípodes destaquem *Cheirocratus sundevallii*, *Perioculodes longimanus* i *Phtisica marina*, aquest darrer associat a les restes de *Posidonia oceanica*. *Sphaeroma serratum* és l'únic isòpode abundant. D'entre els mol·luscs bivalves destaca *Loripes orbiculatus*.

L'hàbitat de sorres fines té una mida de gra situat entre 125 i 250 µm i la quantitat de matèria orgànica de les mostres de Cabrera és sorprenentment menor que la de les sorres mitjanes (1%). *Loripes orbiculatus* i *Chamelea gallina* caracteritzen aquest hàbitat a Cabrera. L'amfípode *Ampelisca brevicornis* i el tanaïdaci *Apseudopsis latreillii* són espècies dominants, mentre que els amfípodes *Apherusa alacris*, *Bathyporeia guilliamsoniana* i *Perioculodes longimanus* són abundants. També podem considerar abundants als poliquets *Arabella* sp., *Exogone verugera*, *Paradoneis armata* i *Scolaricia typica*.

Les macroalgues

L'augment de coneixement en l'àmbit de les macroalgues prové principalment de l'estudi de les algues introduïdes a partir de l'any 2000 a l'arxipèlag, i de la tesi de Natàlia Sant (2003) realitzada parcialment a Cabrera.

A l'arxipèlag de Cabrera hi ha 6 espècies d'algues introduïdes amb potencial invasor que colonitzen els fons infralitorals (Taula III).

Taula III. Espècies, abundàncies i any de primera detecció de les algues introduïdes amb potencial invasor als fons infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera.

Espècie	Abundància	Detecció
<i>Caulerpa cylindracea</i>	Habitual	2003
<i>Womersleyella setacea</i>	Rara	1995
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	Ocasional	1996 (?)
<i>Lophocladia lallemandii</i>	Habitual	2002
<i>Acrothamnion preissii</i>	Raríssima	2008
<i>Halimeda incrassata</i>	Rara	2016

Caulerpa cylindracea (= *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*) es va detectar a l'arxipèlag de Cabrera l'any 2003 i en pocs anys ja es distribuïa per tota mena d'hàbitats des de 0 fins a més de 50 m (Cebrian i Ballesteros, 2009). Tot i que *C. cylindracea* és més abundant en aigües profundes, entre 30 i 50 m, apareix arreu de la zona infralitoral i en algun lloc (caló des Palangrers, per exemple) pot arribar a flor d'aigua. En cap cas mostra una variació en la seva abundància lligada a l'estacionalitat però sí té una gran variabilitat temporal (Cebrian i Ballesteros, 2009). Les poblacions situades a l'estatge infralitoral tenen les frondes més curtes que les de fondària (Cebrian i Ballesteros, 2009) (Fig. 2a,b). D'altra banda, *C. cylindracea* és una alga preferida en la dieta de les salpes (*Sarpa salpa*)

fins al punt que aquests peixos podrien arribar a controlar les seves poblacions (Tomas *et al.*, 2011). En canvi, els resultats obtinguts per Cebrian *et al.* (2011a) apunten a que les garotes (*Paracentrotus lividus*), tot i consumir *C. cylindracea*, són incapaces de controlar les seves poblacions, sobretot quan aquestes són abundants. Segons Wagensteen *et al.* (2018) la invasió per *C. cylindracea* no altera la biodiversitat del macrobentos ni del meiobentos.

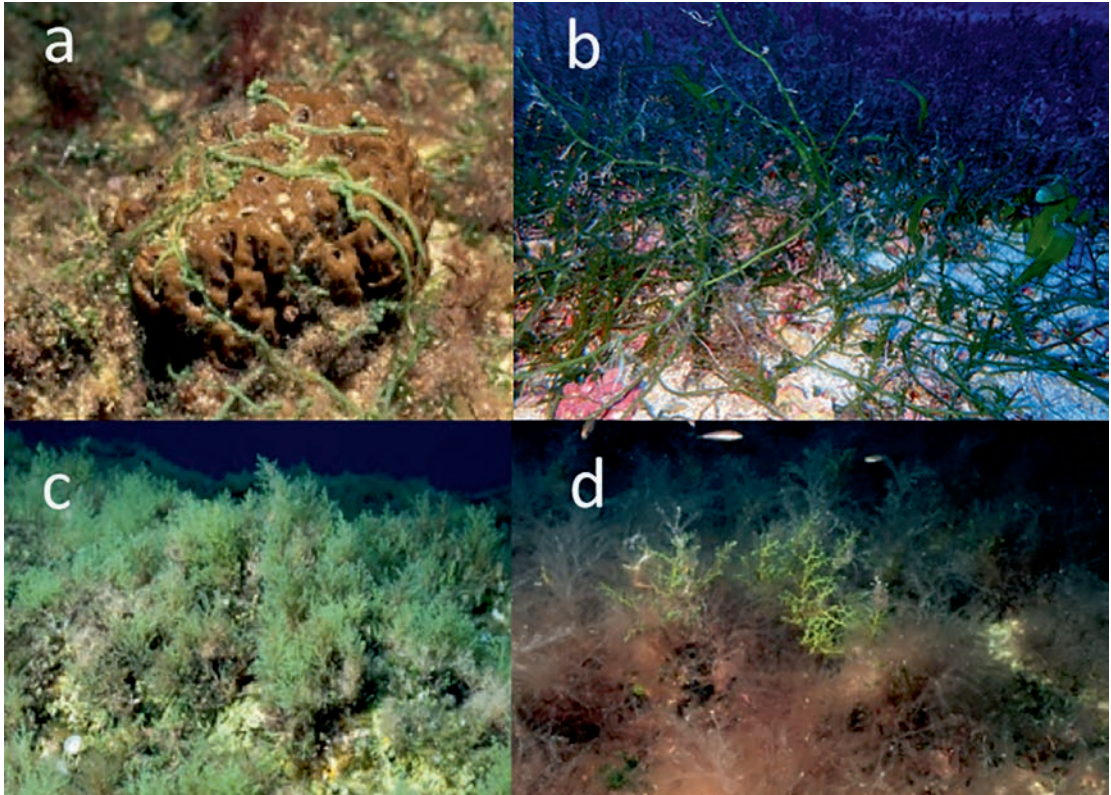


Figura 2. (a) Aspecte de *Caulerpa cylindracea* creixent en hàbitats superficials (Na Foradada, 3 m). (b) Aspecte de *Caulerpa cylindracea* creixent en hàbitats profunds (Na Foradada, 30 m). (c) Hàbitat de *Carpodesmia brachycarpa* al mes de maig (Ses Rates, any 2006). (d) Hàbitat de *Carpodesmia brachycarpa* envaït per *Lophocladia lallemandii* al mes d'octubre (Ses Rates, any 2006).

Lophocladia lallemandii també es va detectar inicialment a Cabrera l'any 2003 quan ja mostrava una distribució bastant homogènia entre 0 i 30 m de fondària (Cebrian i Ballesteros, 2010a). Contràriament a *Caulerpa cylindracea*, *Lophocladia lallemandii* mostra una variació estacional molt marcada (Fig. 2c, d), amb un major creixement i biomassa a l'estiu i a principis de tardor, època on hi ha un major nombre d'estructures reproductores (Cebrian i Ballesteros, 2010a). El potencial reproductor de *L. lallemandii* és molt elevat i el fet que els tal·lus es puguin adherir lateralment a qualsevol mena de substrat mitjançant discs fixadors originats al llarg dels eixos vegetatius (Ballesteros *et al.*, 2007) fa que el potencial invasor d'aquesta espècie sigui extraordinari. Això no obstant, a partir de 2015 hem observat una disminució progressiva però radical en l'abundància d'aquesta espècie a tot Cabrera, de forma similar al que ha passat a Eivissa i Formentera (EB, dades inèdites), quedant acantonada sobretot a la part superior de l'estatge infralitoral (1 a 3 m de fondària), preferiblement en zones inclinades. Aquesta disminució no pot ser atribuïda a un efecte de l'herbivorisme ja que *L. lallemandii* és una espècie rebutjada per les salpes (Tomas *et al.*, 2011). Altres densitats de garotes (*Paracentrotus lividus*) poden limitar el creixement de *L. lallemandii* encara que no la consumeixin doncs eliminen aquelles espècies d'algues sobre les que *L. lallemandii* s'instal·la com a epífita (Cebrian *et al.*, 2011a); això no explica, però, la ja esmentada disminució generalitzada de *L. lallemandii* a Cabrera, doncs en els darrers anys no hi ha hagut un augment de la densitat de garotes a l'arxipèlag. La invasió per *L. lallemandii* té també un efecte sobre les

comunitats a nivell de la biodiversitat que alberguen (Wagensteen *et al.*, 2018): s'observa un lleuger increment a nivell del macrobentos i un descens en el meiobentos, tot i que l'índex de diversitat de Shannon no mostra cap mena de variació.

Halimeda incrassata és una espècie de nova aparició (primavera-estiu de 2016) a Cabrera (Fig. 3a) que de moment està localitzada a la zona de Sa Platgeta i cala Santa Maria, on ràpidament colonitza els fons sorrencs i els fons de mata morta, tal i com ho fa al sud de Mallorca (Alós *et al.*, 2016). Les observacions fetes fins ara suggereixen que *H. incrassata* pot sobreviure l'hivern exitosament i mantenir poblacions interanuals (FT, dades inèdites).

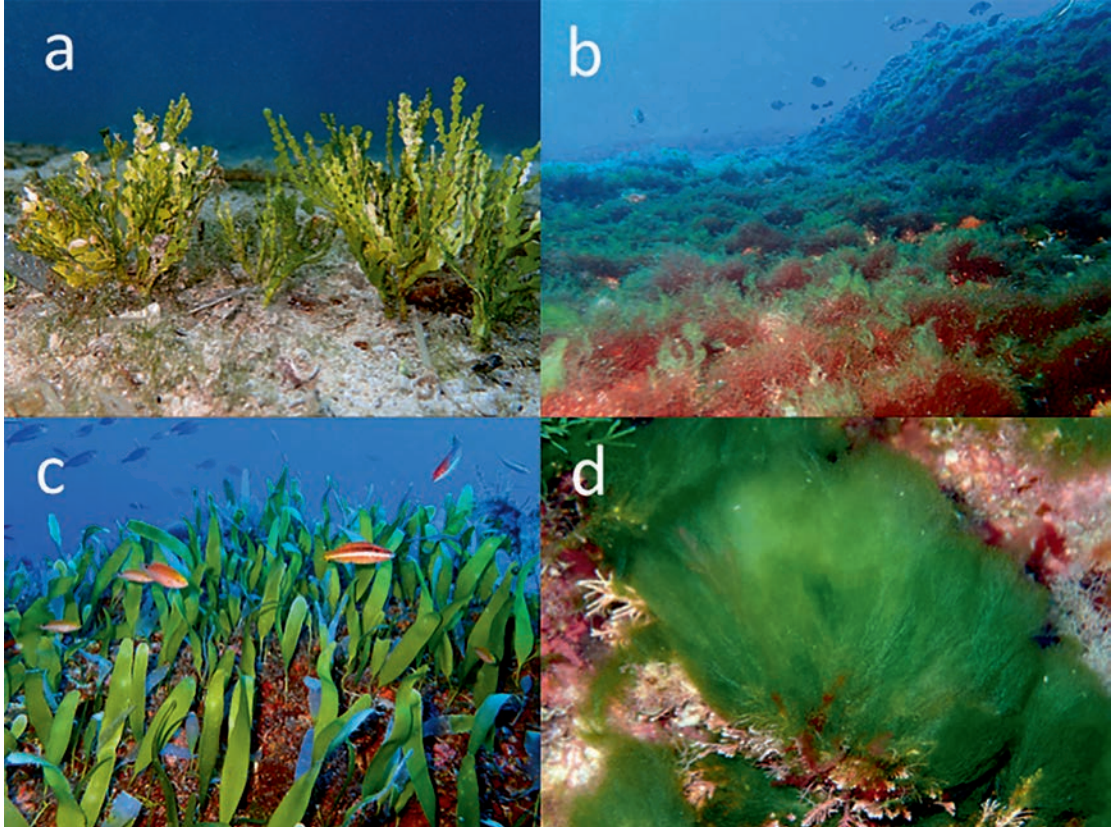


Figura 3. (a) Creixement d'*Halimeda incrassata* a sa Platgeta (octubre 2017, 2 m). (b) Proliferació de *Wurdemannia miniata* a sa Cova Blava (octubre 2017, 10 m). (c) Abundància de *Caulerpa prolifera* al coral·ligen (Punta de sa Cova Blava, octubre 2017, 40 m). (d) *Derbesia tenuissima* creixent a la Imperial (octubre 2017, 8 m).

Es desconeix exactament quan *Asparagopsis taxiformis* va colonitzar l'arxipèlag però segurament fou a finals de la dècada dels 90. Els gametòfits d'aquesta espècie no són gairebé mai abundants però apareixen durant la primavera per a fer-se molt més rars en el transcurs de l'estiu. Els tetrasporòfits (fase *Falkenbergia*) estan presents durant tot l'any, habitualment en poca abundància, encara que poden arribar a ser comuns en indrets inclinats situats a poca fondària (1 a 5 m). No és una espècie que tingui un caràcter invasor a Cabrera.

Womersleyella setacea és una espècie de distribució preferentment circalitoral a Cabrera, encara que està present a la part inferior de l'estatge infralitoral (Ballesteros, 2004), on no fa mai recobriments importants.

A les Illes Balears, *Acrothamnion preissii* apareix sobretot en indrets poc il·luminats de l'estatge infralitoral (Ballesteros, 2004), però a Cabrera és una alga raríssima, on només l'hem observada una sola vegada i de forma testimonial.

Durant els darrers 10 anys hem observat també la proliferació d'una espècie identificable morfològicament com a *Wurdemannia miniata* (Fig. 3b). Aquest rodòfit tant creix en les comunitats d'algues fotòfiles cespitoses, entre 5 i 20 m de fondària formant coixinets molt compactes, com a les entrades de coves (Sa Cova Blava, per exemple), on té una forma menys compacta i substitueix *Zonaria tournefortii* com a espècie principal. Per la seva expansió recent podria no tractar-se de *Wurdemannia miniata* sinó d'una espècie introduïda, morfològicament semblant. Un altre cas remarcable és la proliferació de *Caulerpa prolifera* en tota mena d'ambients (Fig. 3c). Aquesta espècie era present en diversos hàbitats a la dècada dels 80 (Ballesteros *et al.*, 1993) però actualment ha passat a ser abundant, sovint acompanyant *Caulerpa cylindracea*. Finalment, l'any 2017 van aparèixer proliferacions extraordinàries d'una espècie de característiques morfològiques semblants a *Derbesia tenuissima* en parets i esquerdes amb un cert hidrodinamisme, entre 5 i 20 m de fondària, arreu de l'arxipèlag (Fig. 3d).

Les comunitats de la zona infralitoral dominades per algues tenen un eix de variació principal que és la fondària i un eix de variació secundari relacionat fortament amb l'estacionalitat (Sant *et al.* 2017). Àrees de mostreig de 500 a 950 cm² són suficients per capturar la variabilitat espacial qualitativa i àrees lleugerament inferiors (250 a 800 cm²) corresponen a l'àrea mínima estructural de les comunitats estudiades per Sant (2003) (*Carpodesmia amentacea* var. *stricta*, *Padina pavonica*, *Carpodesmia brachycarpa* i *Dictyopteris polypodioides*). El nombre d'espècies i la diversitat augmenta de superfície en fondària, tot i que els mínims es troben a la comunitat de *Padina pavonica*, comunitat que està afectada per un herbivorisme intens causat per les garotes (*Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*). La biomassa de les algues erectes és màxima a la comunitat de *Carpodesmia amentacea* var. *stricta*, amb gairebé 1000 g pes sec·m⁻² i mínima a les de *Padina pavonica* i *Dictyopteris polypodioides*, on és d'una tercera part de la comunitat de *Carpodesmia*. L'estació de l'any més diversificada és l'hivern (Sant, 2003). D'altra banda Martí *et al.* (2005) troben una variació estructural més elevada a les comunitats d'algues més ben il·luminades (fotòfiles) que a les hemiesciòfiles i esciòfiles.

Sant i Ballesteros (2020) realitzen també estudis ecofisiològics (resposta de la producció a l'augment de la irradiància, respiració, contingut en nutrients) d'algunes de les algues de l'arxipèlag dominants de menys a més fondària: *Carpodesmia amentacea* var. *stricta*, *Dictyota fasciola*, *Padina pavonica*, *Carpodesmia brachycarpa*, *Dictyopteris polypodioides*, *Flabellia petiolata*, *Halopteris filicina*. Les algues que viuen a major fondària estan més ben adaptades a aprofitar la poca llum que els arriba, mentre que les algues més fotòfiles tenen una eficiència fotosintètica inferior. Aquests resultats es corresponen bé amb el comportament típic de "plantes d'ombra" i de "plantes de sol", respectivament, i explica, en part, la distribució batimètrica diferencial de les espècies. Curiosament, però, les produccions màximes no s'ajusten a les prediccions sol-ombra ja que aquelles no són necessàriament majors en les algues fotòfiles, i per tant no explica que les algues esciòfiles no predominin també en les comunitats més superficials (Sant i Ballesteros, 2020). Les variacions estacionals en producció i respiració són remarcables i en línies generals els valors més baixos es presenten a l'hivern. Les concentracions de nitrogen i fòsfor de les algues estudiades són molt baixes i es troben ben per sota dels valors crítics proposats a la literatura, sobretot a l'estiu, la qual cosa suggereix que la producció ha d'estar limitada per nutrients. Aquelles espècies amb continguts més alts de nitrogen mostren unes produccions més elevades (Sant i Ballesteros, 2020).

Tot i que no hi ha hagut un estudi exhaustiu dels cianobacteris ni de la flora algològica de l'arxipèlag, els diferents treballs sobre les comunitats algals i recol·leccions realitzades de forma esporàdica durant els darrers 25 anys, ens permeten presentar una sèrie de noves aportacions a la flora de macroalgues. En total reportem aquí un total de 72 nous tàxons per l'arxipèlag (3 cianobacteris, 9 cloròfits, 17 ocròfits, 43 rodòfits; Taula IV), no citats a Ballesteros (1993) ni a Ballesteros *et al.* (1997), encara que alguns d'ells estiguin citats a la tesi inèdita de Sant (2003) i a Sant *et al.* (2017). A part de les espècies invasores -ja comentades prèviament- hi ha alguns tàxons que mereixen un comentari especial. *Acetabularia calyculus*, per exemple, és present als fons sorrencs profunds situats entre Cabrera i l'illa des Conills i *Pseudocrouania ischiana* és una espècie molt rara a la Mediterrània recol·lectada a la comunitat de *Carpodesmia brachycarpa* de S'Estell des Coll.

Taula IV. Llistat dels cianobacteris i les macroalgues no citades prèviament de l'arxipèlag de Cabrera.

Cyanobacteria	Rhodophyta
<i>Isactis plana</i> Thuret ex Bornet i Flahault	<i>Acrothamnion preissii</i> (Sonder) Wollaston
<i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman ex Gomont	<i>Acrosymplyton purpuriferum</i> (J. Agardh) Sjösted
<i>Oscillatoria miniata</i> Hauck ex Gomont	<i>Anthamnion decipiens</i> (J. Agardh) Athanasiadis
Chlorophyta	<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan
<i>Acetabularia calyculus</i> J.V. Lamouroux	<i>Bonnemaisonia asparagoides</i> (Woodward) C. Agardh
<i>Bryopsis duplex</i> De Notaris	<i>Botryocladia madagascariensis</i> G. Feldmann
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh	<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye
<i>Caulerpa cylindracea</i> Sonder	<i>Compsothamnion gracillimum</i> De Toni
<i>Cladophora liebetruthii</i> Grunow	<i>Compsothamnion thuioides</i> (Smith) Nägeli
<i>Cladophora rupestris</i> (Linné) Kützing	<i>Cottoniella filamentosa</i> (M. Howe) Boergesen
<i>Ulva compressa</i> Linné	<i>Cruoria cruoriiiformis</i> (P. Crouan i H. Crouan) Denizot
<i>Ulva fasciata</i> Delile	<i>Dasya penicillata</i> Zanardini
<i>Umbraulva dangeardii</i> M.J. Wynne i G. Furnari	<i>Dasya rigidula</i> (Kützing) Ardissonne
Ochrophyta	<i>Erythrogllossum balearicum</i> J. Agardh ex Kylin
<i>Acinetospora crinita</i> (Carmichael) Sauvageau	<i>Felicinia marginata</i> (Roussel) Manghisi <i>et al.</i>
<i>Arthrocladia villosa</i> (Hudson) Duby	<i>Gastroclonium clavatum</i> (Roth) Ardissonne
<i>Asperococcus bullosus</i> J.V. Lamouroux	<i>Griffithsia schousboei</i> Montagne
<i>Cladosiphon mediterraneus</i> Kützing	<i>Nesoa latifolia</i>
<i>Treptacantha elegans</i>	(P. Crouan i H. Crouan ex Kützing) Lee i Kim
(Sauvageau) Orellana i Sansón	<i>Halymenia elongata</i> C. Agardh
<i>Cystoseira foeniculacea</i> f. <i>latiramosa</i> (Ercegovic)	<i>Halymenia floresii</i> (Clemente) C. Agardh
Gómez-Garreta <i>et al.</i>	<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing
<i>Treptacantha ballesterosii montagnei</i> var. <i>compressa</i>	<i>Liagora viscida</i> (Forsskal) C. Agardh
(Ercegovic)	<i>Lithophyllum cabiochiae</i> (Boudouresque i Verlaque)
Verlaque <i>et al.</i>	Athanasiadis
<i>Elachista jabukae</i> Ercegovic v. <i>mediterranea</i> (Furnari)	<i>Lophocladia lallemandii</i> (Montagne) F. Schmitz
Cormaci i Furnari	<i>Mesophyllum alternans</i> (Foslie) Cabioch i Mendoza
<i>Feldmannia globifera</i> (Kützing) Hamel	<i>Metapeysonnelia feldmanni</i> Boudouresque,
<i>Hydroclathrus clathratus</i> (C. Agardh) Howe	Coppejans i Marcot
<i>Leathesia mucosa</i> J. Feldmann	<i>Nemalion elminthoides</i> (Velley) Batters
<i>Nemacystus flexuosus</i> (C. Agardh) Kylin	<i>Nemastoma dichotomum</i> J. Agardh
<i>Nematochrysoopsis marina</i> (J. Feldmann) C. Billard	<i>Osmundea truncata</i> (Kützing) K.W. Nam i Maggs
<i>Pseudolithoderma adriaticum</i> (Hauck) Verlaque	<i>Palisada tenerima</i> (Cremades) Serio <i>et al.</i>
<i>Spatoglossum solieri</i> (Chauvin ex Montagne) Kützing	<i>Peyssonnelia polymorpha</i> (Zanardini) F. Schmitz
<i>Sporochmus pedunculatus</i> (Hudson) C. Agardh	<i>Phyllophora herediae</i> (Clemente) J. Agardh
<i>Chrysophaeum taylorii</i> I.F. Lewis i H.F. Bryan	<i>Platoma cyclocolpum</i> (Montagne) F. Schmitz
	<i>Pseudocrouania ischiana</i> Funk
	<i>Pterocradiella capillacea</i> (S.G. Gmelin)
	Santelices i Hommersand
	<i>Pyropia elongata</i> (Kylin) Neefus i J. Brodie
	<i>Scinaia complanata</i> (Collins) A.D. Cotton
	<i>Sebdenia dichotoma</i> Berthold
	<i>Sebdenia rodrigueziana</i> (J. Feldmann) Codomier ex
	Parkinson
	<i>Tricleocarpa fragilis</i> (Linné) Huisman i R.A. Townsend
	Verlaquea <i>lacerata</i> (J. Feldmann)
	Le Gall i Vergés <i>in</i> Saunders
	<i>Vickersia baccata</i> (J. Agardh) Karsakoff
	<i>Womersleyella setacea</i> (Hollenberg) R.E. Norris

Les espècies de l'antic gènere *Cystoseira* mereixen un comentari a part. A la Taula V podem veure els tàxons reconeguts a Cabrera actualment. L'espècie *Carpodesmia mediterranea* citada amb dubtes a Cabrera (Ballesteros, 1993) pensem ara que es tracta de *Carpodesmia amentacea* var. *stricta* (Cormaci *et al.*, 2012). *Carpodesmia brachycarpa* havia estat citada a Cabrera (Ballesteros, 1993) sota el binomi *Cystoseira balearica*. Les cites de *Cystoseira humilis* (Ballesteros, 1993) corresponen en realitat a *Cystoseira compressa* ssp. *pustulata* en el sentit que li dona Verlaque a Thibaut *et al.* (2015). *Cystoseira ercegovicii* i *Cystoseira spinosa* són sinònims de *C. foeniculacea* (Fig. 4a) i *Treptacantha ballesterosii*

(Fig. 4b), respectivament (Cormaci *et al.*, 2012; Sellam *et al.*, 2017), ja citades a Ballesteros (1993). Finalment les citacions de *Cystoseira jabukae* a Cabrera i a la resta de Balears per Gómez-Garreta i Ballesteros (1992) corresponen a *Carpodesmia funkii* com demostren Verlaque *et al.* (1999). A S'Olló, hi ha una espècie que conviu amb *C. foeniculacea*, *Treptacantha ballesterosii* i *C. compressa* ssp. *pustulata* als hàbitats superficials i que hem identificat temptativament com a *Treptacantha elegans* (Fig. 4c). D'altra banda, hem observat (sense recol·lectar) dos exemplars de *Treptacantha ballesterosii* var. *compressa* (= *C. spinosa* var. *compressa*) a la punta des Cap de Llebeig, cap a uns 35 m de fondària. Finalment, *Cystoseira foeniculacea* f. *latiramosa* és present a diversos indrets de l'arxipèlag, notablement a l'entrada del Port de Cabrera, entre 22 i 35 m de fondària (Fig. 4d).

Taula V. Llistat de les espècies de l'antic gènere *Cystoseira* actualment reconegudes a l'arxipèlag de Cabrera.

<i>Carpodesmia amentacea</i> (C. Agardh) Bory var. <i>stricta</i> Montagne	<i>Cystoseira foeniculacea</i> f. <i>latiramosa</i> (Ercegovic) Gómez-Garreta <i>et al.</i>
<i>Carpodesmia brachycarpa</i> J. Agardh	<i>Carpodesmia funkii</i> Schiffner ex Gerloff i Nizamuddin
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff i Nizamuddin	<i>Treptacantha ballesterosii</i> J. Agardh
<i>Cystoseira compressa</i> ssp. <i>pustulata</i> (Ercegovic) Verlaque	<i>Treptacantha ballesterosii</i> var. <i>compressa</i> (Ercegovic) Verlaque <i>et al.</i>
<i>Treptacantha elegans</i> Sauvageau	<i>Carpodesmia zosteroides</i> (Turner) C. Agardh
<i>Cystoseira foeniculacea</i> (Linné) Greville	

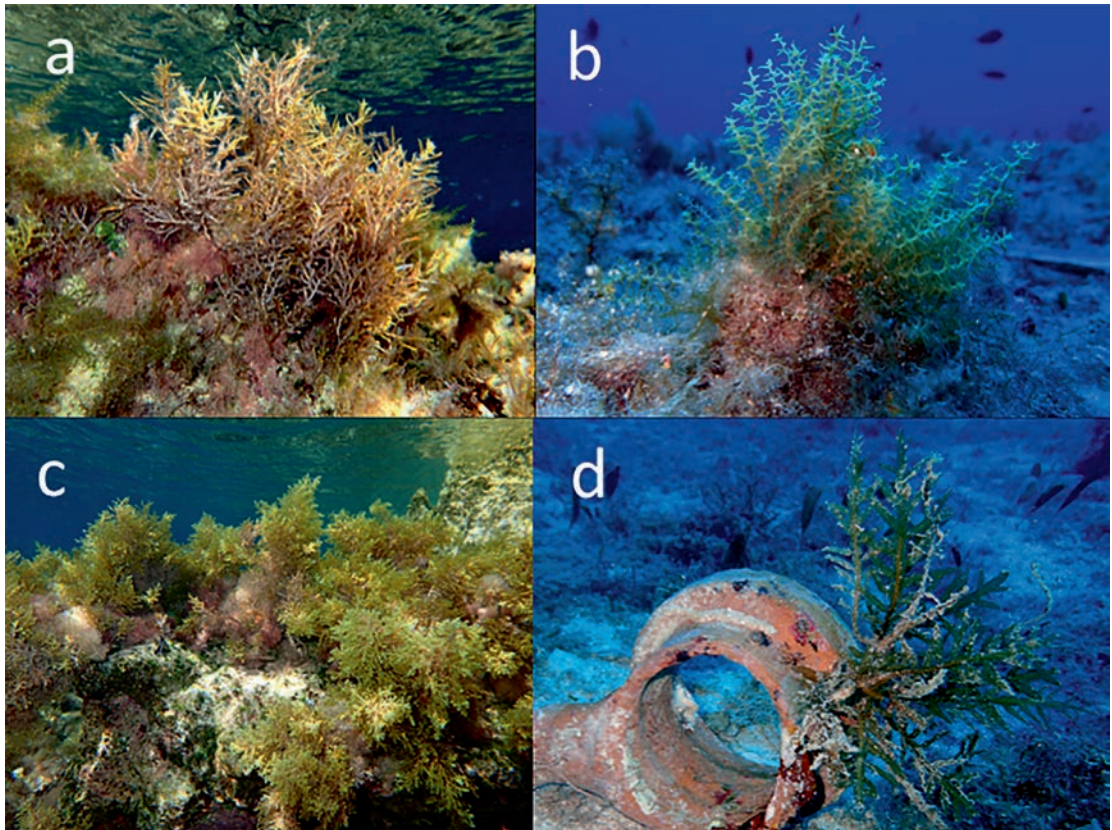


Figura 4. Espècies destacables pertanyents a l'antic gènere *Cystoseira* presents a l'arxipèlag de Cabrera: (a) *Cystoseira foeniculacea* (L'Olló, 1 m), (b) *Treptacantha ballesterosii* (Na Foradada, 22 m), (c) *Treptacantha elegans* (L'Olló, 1 m), (d) *Cystoseira foeniculacea* f. *latiramosa* (Port de Cabrera, 28 m).

ASPECTES ECOSISTÈMICS DELS FONS ROCOSOS INFRALITORALS

Experiments fets a Cabrera demostren que les esponges dels fons infralitorals tenen metabòlits que dissuadeixen als peixos de menjar-se-les i aquesta dissuasió és sovint específica per a cada espècie (Becerro *et al.*, 2003).

Diplodus vulgaris és el principal depredador de garotes a l'arxipèlag de Cabrera, seguit de *D. sargus*, *Coris julis* i *Thalassoma pavo*, però aquestes dues darreres espècies depreden només les garotes més petites (de menys de 1 cm de diàmetre) (Sala, 1997). Aquesta depredació és molt més important a 5 i 15 m que a 30 m, tot i que no hi ha una diferència significativa en fondària de les espècies responsables d'aquesta depredació (Vergés *et al.*, 2012). L'impacte de l'herbivorisme de *Sarpa salpa* disminueix en fondària, essent també més elevat a 5 i 15 m que a 30 m, tot i que l'abundància de *S. salpa* a poca fondària és inferior a la trobada a 15 i 30 m (Vergés *et al.*, 2012).

Els fons rocosos infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera tenen uns 2800 g m⁻² de biomassa algal mitjana en pes fresc, uns 100 g m⁻² de biomassa de garotes i uns 30 g m⁻² de biomassa de peix. La biomassa de peixos està a la part baixa de les reserves marines mediterrànies, superada sobretot per les que són àrees marines protegides sense pesca de cap mena, amb una biomassa mitjana-alta d'algues i una baixa densitat mitjana de garotes (Sala *et al.*, 2012; Guidetti *et al.*, 2014). També té la segona biomassa més elevada d'algues introduïdes de totes les localitats mostrejades (32) en l'estudi de Sala *et al.* (2012) i la més elevada d'entre les zones protegides.

Si considerem l'índex EBQI (Thibaut *et al.*, 2017), dissenyat per aportar informació sobre la qualitat ecològica dels fons marins en resposta als requeriments de la Directiva Marc d'Estratègia Marina, la zona de Ses Rates -situada en una àrea totalment protegida de l'arxipèlag-, dona una valoració bona (4 en una escala de 5) però propera a la valoració de molt bona. L'índex EBQI té en compte l'estat dels diversos compartiments que formen l'ecosistema, no només del bentos, sinó també dels peixos i, fins i tot, dels ocells marins (Thibaut *et al.*, 2017).

Mortalitats

Dues espècies d'esponges, *Sarcotragus fasciculatus* i *Sarcotragus spinosulus*, es troben entre les més comunes a l'estatge infralitoral de l'arxipèlag de Cabrera (Ballesteros *et al.*, 1993). Els estius de 2008 i 2009 van produir-se, però, dos episodis de mortalitats massives que van afectar sobretot a *S. fasciculatus* (entre el 80 i el 95% dels individus) (Fig. 5a, b), que -a diferència de *S. spinosulus*- té cianobacteris com a simbionts, a més dels bacteris heterotròfics propis de les dues esponges (Cebrian *et al.*, 2011b). Aquestes mortalitats semblen estar relacionades amb episodis més o menys llargs de temperatures elevades. L'octubre del 2017 hem observat també un episodi d'emblanquiment que afecta al 90% de la major colònia d'*Oculina patagonica* coneguda a Cabrera (Fig. 5c, d), situada entre Na Foradada i l'illot de Na Foradada; desconeixem, però, si aquest emblanquiment respon a una anomalia tèrmica.

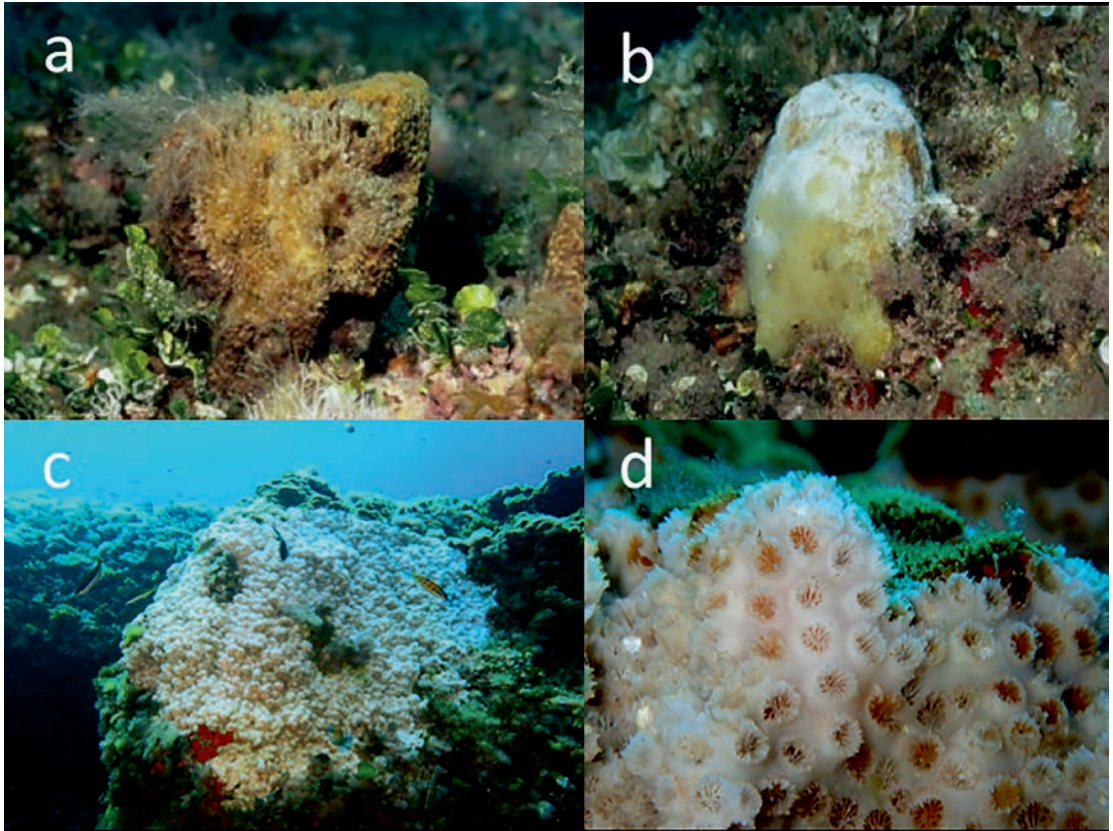


Figura 5. (a) Inici de la malaltia a *Sarcotragus fasciculatus* (any 2008), (b) Mortalitat total a *Sarcotragus fasciculatus* (any 2008), (c) Emblanquiment de la colònia d'*Oculina patagonica* de Na Foradada (any 2017), (d) Detall dels pòlips (any 2017).

Altres desequilibris

Com a mínim des de l'any 2006 -quan ho vàrem observar nosaltres- i fins l'any 2017 els fons de la part interna del Port de Cabrera quedaren recoberts per una substància mucilaginosa formada per *Chrysophaeum taylorii* algal durant l'estiu (Fig. 6a, b). Aquest mucíl·lag recobria els fons rocosos però també les àrees sorrenques i els rizomes morts de *Posidonia oceanica*. El seu impacte sobre les comunitats no ha estat, però, quantificat. Aquest mucíl·lag arribava a desprendre's del fons i quedava surant a la superfície.

L'any 2017, especialment al Port de Cabrera però també en d'altres àrees allunyades del port com a l'illot de Ses Rates, Sa Cova Blava i el Cap de Llebeig hem observat zones amb recobriments importants d'un cianobacteri filamentós temptativament identificat com a *Oscillatoria miniata* (Fig. 6c, d). Aquests filaments creixen sobretot en comunitats d'algues fotòfiles -notablement en l'hàbitat de *Carpodesmia brachycarpa* però també en d'altres situats entre 5 i 15 m de fondària-. També pot recobrir fulles mortes i rizomes de *Posidonia oceanica*. Aparentment pot causar la mort de les algues i alguns invertebrats (*Cladocora caespitosa*, per exemple).

Finalment, hem observat ocasionalment, durant la primavera i inicis de l'estiu proliferacions d'algues brunes filamentoses (*Acinetospora crinita*, *Nematochryopsis marina*) que recobreixen immenses zones del fons marí, principalment en comunitats situades a la zona infralitoral inferior i en alguers de *Posidonia oceanica*.

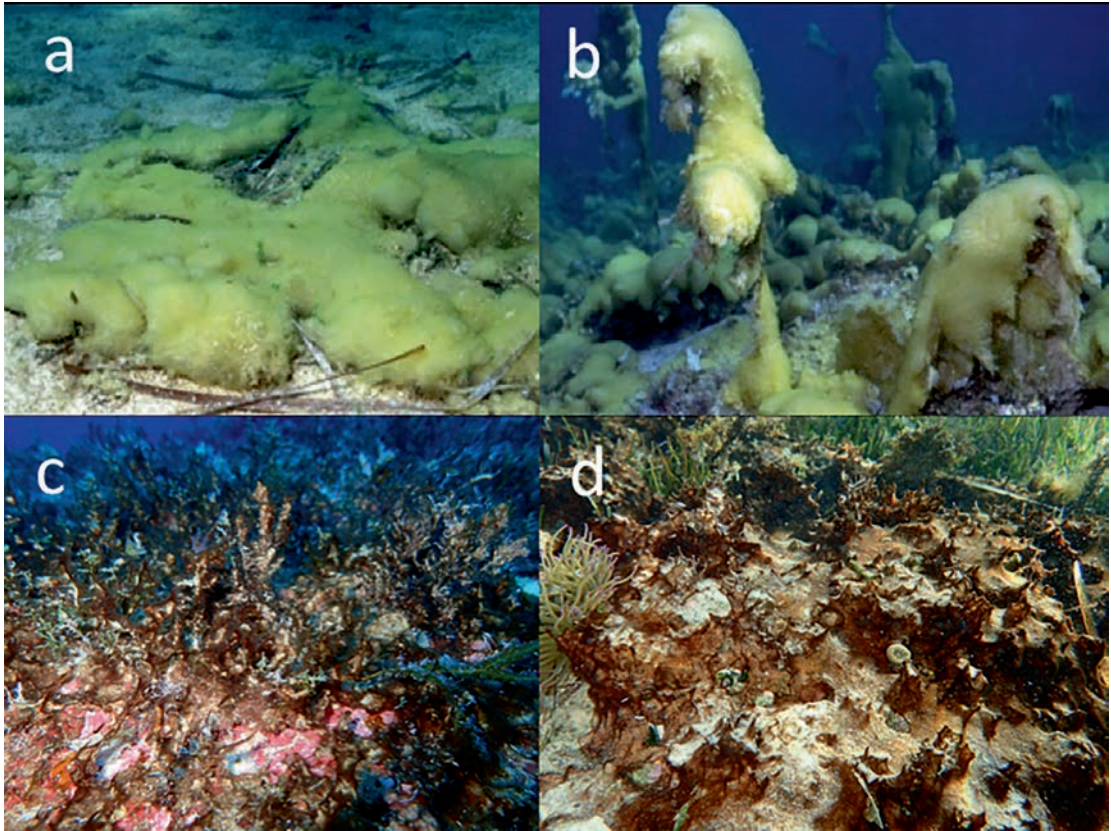


Figura 6. (a) Mucíl·lags recobrint els fons sorrencs del port de Cabrera (novembre 2006, 2 m). (b) Mucíl·lags desenganxant-se del fons rocós del port de Cabrera (novembre 2006, 1 m). (c) Filaments d'*Oscillatoria miniata* recobrint tal·lus de *Cystoseira brachycarpa* (Cap de Llebeig, octubre 2017). (d) *Oscillatoria miniata* recobrint els fons rocósos de l'Olló (octubre 2017).

DISCUSSIÓ

Ballesteros *et al.* (1993) esmenten l'existència de 8 comunitats de fons rocósos infralitorals i 3 de fons sedimentaris infralitorals, a part dels alguers de fanerògames marines. Aquí diferenciem 36 hàbitats de fons rocósos infralitorals i 12 de fons sedimentaris -tres d'ells considerats com a alguers d'algues verdes rizomatoses-, que es poden vincular als hàbitats esmentats a Templado *et al.* (2012) i que, de fet, estan majoritàriament inclosos a Ballesteros *et al.* (1993). Així doncs, l'augment en el nombre d'hàbitats presents a Cabrera es deu a la precisió més gran que hi ha en definir-los i no a la pràctica- al descobriment de nous hàbitats.

Els hàbitats esmentats són propis de la resta de les Balears i no n'hi ha cap d'exclusiu de Cabrera. Cal remarcar, però els hàbitats constituïts per les espècies de l'ordre Fucals ja que moltes de les espècies dominants estan presents a l'Annex II del Conveni de Barcelona (UNEP, 2009) i estan protegides a l'estat espanyol (Orden AAA/75/2012, de 12 enero; BOE sábado 21 de enero de 2012, sec. I, pág. 5275). L'hàbitat de *Carpodesmia amentacea* var. *stricta* és un bon indicador de la qualitat de l'aigua (Bellan-Santini, 1968; Soltan *et al.*, 2001; Arévalo *et al.*, 2007) i la seva abundància s'utilitza en la valoració de l'estat ecològic de les masses d'aigua en la implementació de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/EC) (Ballesteros *et al.*, 2007). Això no obstant, no és un hàbitat que estigui en risc a Balears ni a la resta de la Mediterrània nord-occidental, tot i que estigui en lleugera regressió (Thibaut *et al.*, 2005, 2014, 2015). Si a l'arxipèlag no és molt abundant és per la geomorfologia de la zona litoral poc propícia per al desenvolupament d'aquest hàbitat. Molt més rars són els hàbitats superficials encalmats dominats per espècies de Fucals (*C. compressa*

ssp. *pustulata*, *T. elegans*, *C. foeniculacea*). Aquests hàbitats sí que estan en forta regressió (Thibaut *et al.*, 2015) i la seva persistència a l'arxipèlag s'hauria de monitoritzar. L'hàbitat de *Carpodesmia brachycarpa* és molt abundant a Cabrera, com ho és a d'altres indrets de les Balears (Sant, 2003; Vergés *et al.*, 2009, 2012; Sales i Ballesteros, 2009; Ballesteros i Cebrian, 2015), i a Cabrera està afectat per l'herbivorisme de les garotes, la invasió per *Lophocladia lallemandii* i, més darrerament, la proliferació d'*Oscillatoria miniata*. *Treptacantha ballesterosii* és potser una de les espècies més afectades per les pressions antròpiques i ha desaparegut de bastants indrets de la Mediterrània nord-occidental (Thibaut *et al.*, 2005, 2015) però a Cabrera, tot i no formar autèntics boscos, no sembla que estigui en regressió. La presència de *Treptacantha ballesterosii* var. *compressa* a Cabrera és anecdòtica i desconeixem quina és la raó per la que aquest tàxon és tan rar doncs, almenys aparentment, les condicions ambientals són òptimes per al seu desenvolupament. De fet, els fons òptims per a la implantació d'aquesta espècie i de l'hàbitat corresponent (absent a Cabrera) estan ocupats per *Dictyopteris polypodioides*. Finalment, *Carpodesmia funkii* és una espècie amant de les zones profundes amb forts corrents unidireccionals (Verlaque *et al.*, 1999) i la seva raresa a Cabrera pot estar relacionada amb la manca d'ambients propicis per al seu desenvolupament.

Tot i les poques mostres recol·lectades per a caracteritzar els hàbitats sedimentaris de l'arxipèlag, hem de destacar la gran contribució d'aquestes mostres al coneixement dels invertebrats que poblen les aigües de l'arxipèlag. Si només considerem aquells tàxons identificats a nivell d'espècie, les mostres aporten un total de 122 noves cites d'invertebrats per a l'arxipèlag, amb 60 anèl·lids poliquets, 41 crustacis (27 amfípodes, 5 cumacis, 3 isòpodes, 3 decàpodes, 2 tanaïdacs i 1 misidaci), 17 mol·luscs (11 bivalves i 6 gasteròpodes), 3 equinoderms (1 equinoïdeu i 2 ofiuroïdeus) i 1 sipuncúlid. A aquestes cites s'ha d'afegir la del cefalocordat *Branchiostoma lanceolatum*.

Els hàbitats de les sorres mitjanes i de les sorres fines estan caracteritzats a les costes mediterrànies peninsulars pels bivalves *Lucinella divaricata* i *Spisula subtruncata* (Sardá *et al.*, 1999, 2000). Això no obstant, aquestes espècies són rares o totalment absents a Cabrera en aquests hàbitats i el seu nínxol està ocupat pel bivalve *Loripes orbiculatus*, el qual acostuma a presentar-se associat a sediments enriquits amb matèria orgànica (Pinedo *et al.*, 1996; Pinedo, 1998). A Cabrera, però, com a la resta de Balears, creiem que l'abundància d'aquesta espècie té a veure amb l'elevada quantitat de detritus provinents de *Posidonia oceanica*. Per tant, l'hàbitat de les sorres fines -corresponent a la comunitat de sorres fines ben calibrades en la nomenclatura de Pérès i Picard (1964) i Picard (1965)- té una composició semblant a la de les costes peninsulars si no fos per la substitució de *Lucinella divaricata* i *Spisula subtruncata* per *Loripes orbiculatus*. La presència d'altres espècies com el bivalve *Fabulina fabula* o el poliquet *Spio decorata* constaten la seva similitud amb el mateix hàbitat de les costes peninsulars.

Caulerpa cylindracea i *Lophocladia lallemandii* són les principals espècies invasores de l'estatge infralitoral de l'arxipèlag (Cebrian i Ballesteros, 2009, 2010a) i totes dues espècies han transformat notablement els paisatges submergits. *C. cylindracea* es veu afavorida per taxes elevades de sedimentació (Piazzini *et al.*, 2005a) i la pèrdua de les espècies estructurals com les de l'ordre Fucals (Bulleri *et al.*, 2010). D'altra banda, l'abundància de *L. lallemandii* probablement es veu afavorida per la presència d'espècies estructurals (Cebrian i Ballesteros, 2007, 2010b) ja que és especialment abundant i resilient a l'hàbitat de *Carpodesmia brachycarpa*. Actualment (2017) ambdues espècies es poden considerar en regressió, lleugera pel que fa a *C. cylindracea* però important en el cas de *L. lallemandii*. En el cas de *C. cylindracea* la regressió podria estar causada per un control per part dels peixos herbívors (Tomas *et al.*, 2011) però no tenim cap explicació per explicar la regressió de *L. lallemandii*. Mentre la colonització de *Womersleyella setacea* a l'estatge infralitoral és irrellevant i la d'*Asparagopsis taxiformis* sembla haver assolit un nivell no preocupant, la proliferació de l'alga temptativament identificada com a *Wurdemannia miniata* va a l'alça, sent necessària una identificació precisa de l'espècie i una avaluació continuada de la seva progressió, tot i que podria no ser una espècie introduïda. Aquesta necessitat de monitoritzar la progressió és extrapolable també a *Halimeda incrassata*, donada la seva ràpida colonització dels fons sorrencs infralitorals a la veïna Mallorca (Alós *et al.*, 2016), i a *Derbesia tenuissima* (Ballesteros *et al.*, 1984, 2007).

La citació de 3 cianobacteris i 69 algues noves per a l'arxipèlag fa pujar el nombre a 346 tàxons si tenim en compte les cites prèvies de Ballesteros (1993) i Ballesteros *et al.* (1997). Cal dir que moltes de les algues citades a la Taula IV no han estat recol·lectades a l'estatge infralitoral sinó que també n'hi ha de l'estatge circalitoral i del mediolitoral però, per qüestions pràctiques, les hem aglutinat totes aquí. És remarcable la presència d'*Acetabularia calyculus*, espècie pròpia d'indrets poc profunds com les badies i els ambients lacunars (Pérez-Ruzafa i Honrubia, 1984; Cormaci *et al.*, 2014; Ballesteros *et al.*, 2014) tot i que ja havia estat citada de zones sorrenques profundes (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2013). Cormaci *et al.* (2014) la consideren una espècie introduïda. Un altra espècie introduïda és *Botryocladia madagascariensis* però no mostra comportament invasor a Cabrera. L'espècie de *Treptacantha* identificada temptativament com a *Treptacantha elegans* és lleugerament diferent a la *Treptacantha elegans* de la localitat tipus (Banyuls de la Marenda) per la disposició dels apèndixs espinosos que recobreixen els ràmuls. Podria tractar-se també de *Treptacantha ballesterosii* var. *tenuior*, de la que és difícil de distingir (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2013).

El mucíl·lag (*Chrysophaeum taylorii*) que es desenvolupa massivament al port de Cabrera és un problema que afecta -almenys- a la qualitat de les visites a Cabrera, sobretot si els turistes practiquen l'apnea, ja que degrada fortament el paisatge submergit. Inexistent l'any 2019, són una incògnita els mecanismes que van afavorir la seva exagerada proliferació. D'altra banda, s'ha de veure si la recent proliferació (2019) del cianobacteri identificat temptativament com a *Oscillatoria miniata* es reproduïx els anys següents. *Oscillatoria miniata* és una espècie pròpia dels fons infralitorals d'aigües encalmades, on és freqüent (Feldmann, 1937), però al nostre coneixement aquestes proliferacions no havien estat mai descrites. Aquesta proliferació recorda la de *Lyngbya majuscula* a les illes Canàries (Martín-García *et al.*, 2014) i com aquella es desconeixen les causes del seu augment. La mateixa *O. miniata* formava proliferacions semblants a diferents àrees de Formentera durant els mesos d'octubre i novembre de 2017 (EB, obs. pers.), la qual cosa fa pensar que la causa no és local.

Les mortalitats de *Sarcotragus fasciculatus* observades entre 2008 i 2009 (Cebrian *et al.*, 2011b) no s'han tornat a reproduir -almenys amb la mateixa virulència- i l'any 2017 s'observava una recuperació parcial de l'espècie (EB, obs. pers.), no quantificada. Desconeixem també si la gran colònia d'*Oculina patagonica* de Na Foradada es recuperarà de l'emblanquiment sofert a la tardor de 2017, la qual cosa és molt probable ja que el 98% de les colònies que sofreixen emblanquinament a les costes d'Israel es recuperen durant l'hivern i augmenten la tolerància a les anomalies tèrmiques (Fine *et al.*, 2001; Armoza-Zvuloni *et al.*, 2011).

Pel que fa als estudis ecosistèmics realitzats als fons marins de Cabrera cal remarcar la qualificació sub-òptima de l'estat ecològic dels fons marins de l'arxipèlag quan el comparem amb d'altres àrees marines protegides mediterrànies (Sala *et al.*, 2012; Guidetti *et al.*, 2014; Thibaut *et al.*, 2017). Això pot ser causat perquè la pesca professional és ben present a l'arxipèlag, depredant directament sobre els recursos pesquers o actuant directament o indirecta sobre els altres compartiments dels fons marins. La pesca amb xarxa té de ben segur un efecte no negligible sobre les espècies estructurals com són les algues de l'ordre Fucals (Thibaut *et al.*, 2005), més encara si tenim en compte la nombrosa pèrdua d'arts. Un altre efecte indesitjable de la pesca és que les arts de pesca esdevenen un important vehicle de dispersió de les espècies invasores, en especial *Caulerpa cylindracea* (Piazzi *et al.*, 2005b) però també d'altres espècies.

Una menor pressió pesquera beneficiaria sens dubte la conservació dels fons rocosos infralitorals de l'arxipèlag i aquesta és una mesura de gestió fàcilment aplicable a nivell local. En la nostra opinió, la pesca artesanal s'ha de reduir, augmentant les àrees de reserva integral o prohibint la pesca amb xarxa a tot o a gran part del Parc Nacional. Les anomalies tèrmiques i les espècies invasores són problemes d'abast global que escapen la gestió d'una àrea marina protegida. Veiem, però, com els hàbitats infralitorals es recuperen abans que els circalitorals de l'impacte de les anomalies tèrmiques, a causa d'una dinàmica més accelerada en aquests ambients (Garrabou *et al.*, 2002). D'altra banda, semblen existir mecanismes que regulen les espècies d'algues invasores com ho demostra la disminució del recobriment de *Caulerpa cylindracea* a l'estatge infralitoral i el gran descens del recobriment de *Lophocladia lallemandii* a tot l'arxipèlag, quinze anys després de la seva colonització. Aquest control no sembla, però, extrapolable a d'altres situacions com la que pot succeir en el cas que els peixos conill arribessin a Cabrera, afavorits per l'augment generalitzat de la temperatura de l'aigua (Vergés

et al., 2014). És evident que la resposta a totes les incògnites sobre el funcionament i els impactes que hi ha sobre els hàbitats infralitorals de l'arxipèlag necessiten d'un monitoratge regular, present a d'altres àrees marines protegides (Hereu i Quintana, 2012; Barceló *et al.*, 2014) però absent al Parc Nacional de Cabrera de forma global i ininterrompuda. Només així, amb un monitoratge, els resultats del qual incideixin sobre la gestió d'espècies i hàbitats, podran solucionar-se els problemes ambientals dels fons infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera i millorar-ne el seu estat ecològic.

AGRAÏMENTS

Al personal directiu i tècnic del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera per la concessió dels permisos i per la seva ajuda logística en les campanyes realitzades durant els darrers 25 anys. A Joana Serra, Nadal Mas i Excursions a Cabrera pels seus transports per entrar o per sortir de Cabrera. I a tots aquells que ens han acompanyat en les moltes campanyes fetes a l'arxipèlag. També a aquelles persones que van participar en la recollida i separació de les mostres dels fons sedimentaris: Esther Jordana, Maria Paola Satta, Xavier Torras, Raquel Arévalo, Neus Fernández, Marc Terradas, Mian Vich, Edgar Casas, Begoña Martínez-Crego, Marta Díaz-Valdés, Maria Elena Cefali, Virginia García i Boris Weitzmann.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. 1993. *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca.
- Alós, J., Tomas, F., Terrados, J., Verbruggen, H. i Ballesteros, E. 2016. Fast-spreading green beds of recently introduced *Halimeda incrassata* (Bryopsidales, Chlorophyta) invade Mallorca island (NW Mediterranean Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 558: 153-158.
- Arévalo, R., Pinedo, S. i Ballesteros, E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 104-113.
- Armoza-Zvuloni, R., Segal, R., Kramarsky-Winter, E. i Loya Y. 2011. Repeated bleaching events may result in high tolerance and notable gametogenesis in stony corals: *Oculina patagonica* as a model. *Marine Ecology Progress Series*, 426: 149-159.
- Ballesteros, E. 1993. Algues bentòniques i fanerògames marines. In: Alcover, J.A, Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 503-530.
- Ballesteros, E. 2004. Espècies marines invasores: un problema ambiental emergent a les Illes Balears. In: Pons, G.X. (ed.). *IV Jornades de Medi Ambient de les illes Balears. Ponències i Resums*. Societat d'Història Natural de Balears. 13-15.
- Ballesteros, E. i Cebrian, E. 2015. Llistat preliminar dels hàbitats marins bentònics a les illes Balears amb alguns comentaris des de la perspectiva de la conservació. In: *Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, 20: 93-110.
- Ballesteros, E., Cebrian, E. i Alcoverro, T. 2007. Mortality of shoots of *Posidonia oceanica* following meadow invasion by the red alga *Lophocladia lallemandii*. *Botanica Marina*, 50: 8-13.
- Ballesteros, E., Mariani, S., Cefali, M.E., Terradas, M. i Chappuis, E. 2014. *Manual dels hàbitats litorals a Catalunya*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, Barcelona. 251 pp.
- Ballesteros, E., Pérez, M. i Zabala, M. 1984. Aproximación al conocimiento de las comunidades algales de la zona infralitoral superior en la costa catalana. *Collectanea Botanica*, 15: 69-100.
- Ballesteros, E., Pinedo, S. i Rodríguez-Prieto, C. 1997. Contribució al coneixement algològic de la Mediterrània espanyola. X. *Acta Botanica Barcinonensis*, 44: 29-37.
- Ballesteros, E. i Zabala, M. 1993. El bentos: el marc físic. In: Alcover, J.A, Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 663-685.
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., Garcia-Rubies, A. i Turon, X. 1993. El bentos: les comunitats. In: Alcover, J.A, Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 687-730.
- Barceló, A., Aboucaya, A., Boudouresque, C.F., Gillet, P., Harmelin, J.G., Martin, G., Maurer, C., Médail, F., Peirache, M., Sellier, G. i Viviani, R.A. 2014. Colloque Scientifique "50 ans de recherche dans le Parc national de Port-Cros", 14-16 octobre 2013. *Scientific Reports Port-Cros National Park*, 28: 151-154.
- Becerro, M., Thacker, R.W., Turon, X., Uriz, M.J. i Paul, V.J. 2003. Biogeography of sponge chemical ecology: comparisons of tropical and temperate defenses. *Oecologia*, 135: 91-101.
- Bellan-Santini, D. 1968. Influence de la pollution sur les peuplements benthiques. *Revue internationale d'Océanographie*

- Médicale*, 10: 27-53.
- Bulleri, F., Balata, D., Bertocci, I., Tamburello, L. i Benedetti-Cecchi, L. 2010. The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology*, 91: 2205-2212.
- Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2007. Invasion of the alien species *Lophocladia lallemandii* in Eivissa-Formentera (Balearic Islands). In: Pergent-Martini, C. i El Asmi, S. (eds.). *Proceedings of the Third Mediterranean Symposium on Marine Vegetation* (Marseilles, 27-29 Mars 2007). C. Le Ravallec Ed., RAC/SPA publ., Tunis. 34-41.
- Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2009. Temporal and spatial variability in shallow- and deep-water populations of the invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Western Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83: 469-474.
- Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2010a. Invasion of Mediterranean benthic assemblages by red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz: depth-related temporal variability in biomass and phenology. *Aquatic Botany*, 92: 81-85.
- Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2010b. Invasion susceptibility of Mediterranean rocky benthic assemblages to red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz. In: El Asmi, S., Langar, H. i Belgacem, W. (eds.). *Proceedings of the Fourth Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Yasmine-Hammamet, 2-4 December 2010)*. RAC/SPA publ., Tunis. 37-42.
- Cebrian, E., Tomas, F., Linares, C., Ballesteros, E. 2011a. Do native herbivores provide resistance to Mediterranean marine bioinvasions? A seaweed example. *Biological Invasions*, 13: 1397-1408.
- Cebrian, E., Uriz, M.J., Garrabou, J. i Ballesteros, E. 2011b. Sponge mass mortalities in a warming Mediterranean Sea: are cyanobacteria-harboring species worse off? *PLoS ONE*, 6(6): e20211.
- Cormaci, M., Furnari, G., Catra, M., Alongi, G. i Giaccone, G. 2012. Flora marina bentonica del Mediterraneo: Phaeophyceae. *Bollettino dell'Accademia Gioenia*, 45: 1-508.
- Cormaci, M., Furnari, G. i Alongi, G. 2014. Flora marina bentonica del Mediterraneo: Chlorophyta. *Bollettino dell'Accademia Gioenia*, 47: 11-436.
- Feldmann, J. 1937. *Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: la côte des Albères*. Wolf. Rouen.
- Fine, M., Zibrowius, H. i Loya Y. 2001. *Oculina patagonica*: a non-lessepsian scleractinian coral invading the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 138: 1195-1203.
- Garrabou, J., Ballesteros, E. i Zabala, M. 2002. Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 55: 493-508.
- Gómez-Garreta, A. i Ballesteros, E. 1992. *Cystoseira jabukae* Ercegovic, a new record from the Balearic islands. *Flora Mediterranea*, 2: 91-93.
- Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Micheli, F., Pais, A., Panzalis, P., Rosenberg, A., Zabala, M. i Sala, E. 2014. Large-scale assessment of Mediterranean Marine Protected Areas on fish assemblages. *PLoS ONE* 9(4): e91841.
- Hereu, B. i Quintana, X. 2012. Els fons marins de les illes Medes i el Montgrí. Quatre dècades de recerca per a la conservació. *Recerca i Territori*, 4: 1-194.
- Martí, R., Uriz, M.J., Ballesteros, E. i Turon, X. 2005. Seasonal variation in the structure of three algal communities in various light conditions. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64: 613-622.
- Martín-García, L., Herrera, R., Moro-Abad, L., Sangil, C. i Barquín-Diez, J. 2014. Predicting the potential habitat of the harmful cyanobacteria *Lyngbya majuscula* in the Canary Islands (Spain). *Harmful Algae*, 34: 76-86.
- Pèrès, J.M. i Picard, J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 31: 5-137.
- Pérez-Ruzafa, M. i Honrubia 1984. Aportación al conocimiento de la flora algal bentónica de la costa murciana, III. *Anales de Biología*, 2: 135-146.
- Piazzi, L., Balata, D., Ceccherelli, G. i Cinelli, F. 2005a. Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 467-474.
- Piazzi, L., Meinesz, A., Verlaque, M., Akçali, B., Antolic, B., Argyrou, M., Balata, D., Ballesteros, E., Calvo, S., Cinelli, F., Cirik, S., Cossu, A., D'Archino, R., Djellouli, A.S., Javel, F., Lanfranco, E., Mifsud, C., Pala, D., Panayotidis, P., Peirano, A., Pergent, G., Petrocelli, A., Ruitton, S., Zuljevic, A. i Ceccherelli, G. 2005b. Invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea: An assessment of the spread. *Cryptogamie Algologie*, 26: 189-202.
- Picard, J. 1965. Recherches qualitatives sur les biocénoses marines de substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 36: 1-100.
- Pinedo, S. 1998. *Structure and dynamics of Western Mediterranean soft-bottom communities along a disturbance gradient. Natural and man-induced variability in the Bay of Blanes*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona. Inèdita. 177 pp.
- Pinedo, S., Sardá, R. i Martín, D. 1996. Seasonal dynamics and structure of soft-bottom assemblages in Blanes Bay (northwest Mediterranean Sea). In: Duarte, C.M. (ed.). *Seasonality in Blanes Bay: a paradigm of the Northwest Mediterranean Littoral*. Publicacions Instituto Español de Oceanografía. 61-70.
- Rodríguez-Prieto, C., Ballesteros, E., Boisset, F. i Afonso-Carrillo, J. 2013. *Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo Occidental*. Omega, Barcelona. 656 pp.
- Sala, E. 1997. Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 129: 531-539.
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Frascchetti, S., Friedlander, A.M., Garrabou,

- J., Güçlüsoy, H., Guidetti, P., Halpbern, B.S., Hereu, B., Karamanlidis, A., Kizilkaya, Z., Macpherson, E., Mangialajo, L., Mariani, S., Micheli, F., Pais, A., Riser, K., Rosenberg, A., Sales, M., Selkoe, K.A., Starr, R., Tomas, F. i Zabala, M. 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE*, 7(2): e32742.
- Sales, M. i Ballesteros, E. 2009. Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): relationships with environmental factors and anthropogenic pressures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84: 476-482.
- Sant, N. i Ballesteros, E. 2020. Photosynthetic activity of macroalgae along a bathymetric gradient: interspecific and seasonal variability. *Scientia Marina*, 84.
- Sant, N. 2003. *Algues bentòniques mediterrànies: comparació de mètodes de mostreig, estructura de comunitats i variació en la resposta fotosintètica*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona. Inèdita. 250 pp.
- Sant, N., Chappuis, E., Rodríguez-Prieto, C., Real, M. i Ballesteros, E. 2017. Cost-benefit of three different methods for studying Mediterranean rocky benthic assemblages. *Scientia Marina*, 81: 129-138.
- Sardá, R., Pinedo, S. i Martin, D. 1999. Seasonal dynamics of macroinfaunal key species inhabiting shallow soft-bottoms in the Bay of Blanes (NW Mediterranean). *Acta Oecologica*, 20: 315-326.
- Sardá, R., Pinedo, S., Gremare, A. i Taboada, S. 2000. Changes in the dynamics of shallow sandy-bottom assemblages due to sand extraction in the Catalan Western Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Sciences*, 57: 1446-1453.
- Sellam, L.N., Blanfuné, A., Boudouresque, C.F., Thibaut, T., Rebzani Zahaf, C. i Verlaque, M. 2017. *Cystoseira montagnei* J. Agardh and *C. spinosa* Sauvageau (Phaeophyceae, Sargassaceae): a taxonomic reappraisal of misused names, with the proposal of *Cystoseira michaelae* Verlaque *et al.*, nom. et stat. nov. *Cryptogamie Algologie*, 38: 133-157.
- Soltan, D., Verlaque, M., Boudouresque, C.F. i Francour, P. 2001. Changes in macroalgal communities in the vicinity of a Mediterranean sewage outfall after the setting up of a treatment plant. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 59-71.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Marín, L. i Brito, A. 2012. *Guía interpretativa: Inventario español de hábitats marinos. Inventario español de hábitats y especies marinos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 229 pp.
- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X. i Ballesteros, E. 2005. Long term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1472-1489.
- Thibaut, T., Blanfuné, A., Markovic, L., Verlaque, M., Boudouresque, C.F., Perret-Boudouresque, M., Macic, V. i Bottin, L. 2014. Unexpected abundance and long-term stability of the brown alga *Cystoseira amentacea*, hitherto regarded as a threatened species, in the north-western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 89: 305-323.
- Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C.F. i Verlaque, M. 2015. Decline and local extinction of Fucales in the French Riviera: the harbinger of future extinctions? *Mediterranean Marine Science*, 16: 206-224.
- Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C.F., Personnic, S., Ruitton, S., Ballesteros, E., Bellan-Santini, D., Bianchi, C.N., Bussotti, S., Cebrian, E., Cheminée, A., Culioli, J.M., Derrien, S., Guidetti, P., Harmelin-Vivien, M., Hereu, B., Morri, C., Poggiale, J.C. i Verlaque, M. 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 117: 311-329.
- Tomas, F., Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2011. Differential herbivory of invasive algae by native fish: temporal and spatial variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92: 27-34.
- UNEP 2009. Proposals for amendment of Annexes II and III of the SPS/BD Protocol. Mediterranean Action Plan. 260 pp.
- Vergés, A., Alcoverro, T. i Ballesteros, E. 2009. Role of fish herbivory in structuring the vertical distribution of canopy algae (*Cystoseira* spp.) in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 375: 1-11.
- Vergés, A., Tomas, F. i Ballesteros, E. 2012. Interactive effects of depth and marine protection on predation and herbivory patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 450: 55-65.
- Vergés, A., Tomas, F., Cebrian, E., Ballesteros, E., Kizilkaya, Z., Dendrinis, P., Karamanlidis, A., Spiegel, D. i Sala, E. 2014. Tropical rabbitfish and the deforestation of a warming temperate sea. *Journal of Ecology*, 102: 1518-1527.
- Verlaque, M., Ballesteros, E., Sala, E. i Garrabou, J. 1999. *Cystoseira jabukae* (Cystoseiraceae, Fucophyceae), from Corsica (Mediterranean) with notes on the previously misunderstood species *C. funkii*. *Phycologia*, 38: 77-86.
- Wagensteen, O., Cebrian, E., Palacín, C. i Turon, X. 2018. Under the canopy: Community-wide effects of invasive algae in Marine Protected Areas revealed by metabarcoding. *Marine Pollution Bulletin*, 127: 54-66.

ELS PEIXOS DELS FONDS DURS INFRALITORALS DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA. EFECTES DELS 25 ANYS DE PARC NACIONAL

Josep Coll	Olga Reñones	Joan Moranta	Diego Álvarez-Berastegui	Lluís Cardona
Tragsatec, Palma. jcoll@tragsa.es	Instituto Español de Oceanografía, Centre Oceanogràfic de Balears, Grup d'Oceanografia d'Ecosistemes (GRECO), Palma.		SOCIB Sistema d'Observació i Predicció Costaner; Parc Bit Palma.	IRBio i Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona,

Coll, J., Reñones, O., Moranta, J., Álvarez-Berastegui, D. i Cardona, Ll. (2020). Els peixos dels fons durs infralitorals de l'arxipèlag de Cabrera. Efectes dels 25 anys del Parc Nacional. In: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Les variacions espacio-temporals dels peixos infralitorals de Cabrera s'han estudiat a partir de 8 projectes de censos visuals de 9 anys dins el període 1993-2016. Del llistat de 73 espècies censades a Cabrera s'ha constatat l'extinció d'algunes d'afinitat nord-atlànica i la presència d'altres amb afinitat subtropical. Existeix un poblament típic de Cabrera, que es diferencia dels poblaments de Mallorca, caracteritzat per la major importància d'espècies vulnerables a la pesca. Els canvis de fondària dins l'infralitoral són suficients per definir un poblament superficial (<15 m) i un profund (>15 m) a ambdós llocs. Els indicadors descriptors dels poblaments foren superiors a Cabrera, observant-se una resposta en front de la protecció, amb una recuperació durant els primers 9 anys d'existència del parc. També s'observà una evolució temporal semblant entre Cabrera i Mallorca, amb una disminució de tots els indicadors durant els anys següents, que podria estar associada a l'existència de processos ecològics de major escala. L'origen d'aquests canvis es relaciona amb l'èxit de l'assentament de juvenils i amb l'efecte indirecte de la protecció. La distribució dels peixos de Cabrera és irregular, a taques que varien a escales de centenars a milers de metres independentment de la protecció. A Mallorca existeix una major homogeneïtzació espacial degut principalment a l'impacte de la pesca. La biomassa de peixos de Cabrera és baixa en relació a altres reserves marines de la Mediterrània i tan sols s'equiparen allà on es pot donar una major transferència de biomassa pelàgica. El seguiment regular biològic-ambiental, el re-disseny de les zones de reserva i la millora de la vigilància, són elements clau per garantir l'existència en el Parc d'unes comunitats íctiques referents d'un bon estat de conservació.

Paraules clau: *peixos infralitorals, poblaments, efecte reserva, efecte de la fondària, pesca, efectes indirectes del parc*

ABSTRACT

Spatio-temporal variations of infralittoral fishes in the Cabrera National Park have been studied using the Underwater Visual Census data set from 8 research projects conducted within the period 1993-2016. Among 73 fish species found in Cabrera, the extinction of certain species with north-Atlantic affinity was evidenced, as well as the presence of species with subtropical affinity. There exists a typical Cabrera fish assemblage differing from the fish assemblages of control zones with

no protection and characterized by species vulnerable to fishing. Furthermore, there were two distinct depth-related fish assemblages within the infralittoral area; shallow (<15 m) and deep (>15 m). The ecological community descriptors were higher in Cabrera than in Mallorca but followed similar trends in both places. A clear response of the Cabrera fish assemblages to the protection was observed, with a clear recovery during the first 9 years of existence of the park. All indicators dropped from this period on showing similar trends in Cabrera and Mallorca. The cause of these shifts was most likely related to ecological processes with a higher spatial influence such as regional success in juvenile settlement, and also with an indirect effect of protection. The spatial distribution of fish in Cabrera shows a patchy pattern varying between hundreds to thousands of meters and independent of the fishing pressure. Mallorca presented a more homogenous distribution due to the fishing impact. Compared to other Mediterranean reserves, the fish biomass of Cabrera was overall lower except in areas where a greater transfer of pelagic biomass occurred. Continuous biological-environmental monitoring, redesigning of several reserve zones and improving surveillance are key elements to guarantee the fish assemblages in the National Park of Cabrera as being a reference of a good conservation state.

Key words: *Infralittoral fishes, assemblages, reserve effect, depth effect, fishing, indirect effects of protection*

INTRODUCCIÓ

Sembla una paradoxa que uns vertebrats d'alta mobilitat com els peixos, amb més de 600 espècies enregistrades i una distribució de fins a 5.000 metres de fondària a la Mediterrània, puguin ser circumscrits a una zona concreta, de reduïda extensió, o catalogats pròpiament com a infralitorals. El cinturó infralitoral, que a Cabrera ocupa tan sols els primers 35-38 metres en l'eix vertical (Ballesteros *et al.*, 1993), i que ve determinat per la quantitat de llum que hi arriba i els hàbitat bentònics que s'hi adapten, té també els seus peixos característics.

Garcia-Rubies (1993) i posteriorment Reñones *et al.* (1997) ho varen descriure amb alta resolució. Identificaren bé uns poblaments infralitorals que es distingien dels poblaments dels fons coral·lígens circalitorals, i que compartien tan sols un ≈30% del conjunt de 48 espècies enregistrades entre -5 i -45 m de fondària. La transició des de zones ben il·luminades cap a les penombres coral·lígenes (< 5% de la llum superficial) produïa un empobriment de la ictiofauna i un canvi gradual d'unes espècies per altres. És important subratllar aquí que els diferents poblaments (definites com a associacions o comunitats en els treballs citats) no es presenten en cinturons horitzontals com ho fan les algues i els invertebrats bentònics. Garcia-Rubies explica bé el cas de Cabrera: “...els peixos a Cabrera presenten una distribució vertical característica...i sembla que més que emprar el mot “zonació” hom hauria de parlar d'un veritable *continuum*, on les espècies se succeeixen unes a altres sense fronteres massa sobtades, i on les que varien són sobretot, les relacions d'abundància”.

Aquestes descripcions dels autors pioners dels estudis *in situ*, sota aigua, a Cabrera, no venien si més no a descriure una situació particular que seguia el mateix patró que el descrit posteriorment a altres localitats (Garcia-Rubies, 1997) i en un interval molt més ample de fondàries (Moranta *et al.*, 1998; Massutí i Reñones, 2005). Les descripcions pioneres dels poblaments de peixos infralitorals a Cabrera tenen però un segell important; i és el de correspondre's amb una situació de sobrepesca (Garcia-Rubies, 1993) o de protecció incipient, tan sols dos anys després de la declaració del Parc (Reñones *et al.*, 1997). Per tant, l'anomenat “efecte reserva” (Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Roberts i Polunin, 1991; Lester *et al.*, 2009; Stewart *et al.*, 2009) no exercia aleshores cap paper en la distribució dels peixos litorals.

Havent parlat de la fondària, que dona lloc a la successió de cinturons d'hàbitats bentònics i poblaments de peixos, la protecció en front de la pesca és el segon component del nucli del present article. L'informe científic que serví de fonament tècnic per a la declaració del Parc deixava ben a les clares l'alt impacte que la pesca professional i recreativa sense control havia tingut durant dècades a aigües de Cabrera (Camps *et al.*, 1986). Aquell informe, juntament amb els treballs

de Garcia-Rubies (1993) i Reñones *et al.* (1997), constituïen una línia de base, una referència a partir de la qual la declaració del Parc era de preveure que produís molts canvis. Cal dir al respecte, que en els 25 anys de vigència del Parc, que pretén commemorar la present obra, no ha existit un seguiment formal, estructurat i regular, de l'estat de conservació dels peixos a Cabrera. Hi ha hagut intents d'establir aquest seguiment, com la primera campanya posterior a la declaració (Morales-Nin *et al.*, 1993), de la que es derivaren algunes publicacions descriptives de la situació de partida (Coll *et al.*, 1995; Moranta *et al.*, 1995; Reñones *et al.*, 1995, 1997); i les posteriors campanyes de la UIB el 1995 i de l'IEO (1996, 1998, 2000 i 2006) que oferiren els primers resultats dels efectes de la protecció (Coll *et al.*, 1999; Garcia-Charton *et al.*, 2004; Reñones *et al.*, 1998, 2001). Posteriorment se succeïren diferents projectes de recerca d'alt interès per a la gestió del Parc, que oferiren resultats sobre la possible exportació de biomassa més enllà de les seves fronteres (Gofiñ *et al.*, 2008; Harmelin-Vivien *et al.*, 2008; Werner Hackradt *et al.*, 2014); sobre les espècies associades a les diferents modalitats de pesca artesanal (Reñones *et al.*, 2004); un estudi de la distribució d'espècies clau com són els grans serrànids (Reñones *et al.*, 2012, Álvarez-Berastegui *et al.*, 2018) i també dels efectes indirectes de la protecció sobre l'herbivorisme (Sala, 1997; Vergès *et al.*, 2012). Disposam així mateix d'informació sobre els peixos infralitorals de Cabrera a partir de projectes recents d'ampli abast geogràfic (Sala *et al.*, 2012; Guidetti *et al.*, 2014; Thibault *et al.*, 2017), i dels recents estudis sobre les xarxes tròfiques per part de la UB i de l'IEO (Aguilar *et al.*, 2018). D'altres projectes no directament relacionats amb els peixos s'obtingueren noves cites d'espècies que habiten les coves submarines (veure Díaz *et al.*, 2020 en aquest volum).

L'Organisme Autònom de Parcs Nacionals (*Ministerio de Transición Ecológica*) ha realitzat també una important tasca de descripció dels sistemes naturals amb la cartografia d'hàbitats, i un intent d'establir un seguiment dels peixos i de la pesca, tot i que la manca d'un equip de treball consolidat i d'una periodicitat adient (dues campanyes entre 2008 i 2017) han restat efectivitat a la informació obtinguda (Pozo *et al.*, 2009; OAPN, 2012).

Al conjunt d'aquestes publicacions, informes tècnics i dades inèdites els mancava el fil conductor del factor temps per poder contestar com han canviat els peixos infralitorals en els 25 anys sota la figura de Parc Nacional. D'això tracta el present article, de lligar els diferents resultats al llarg del temps per ratificar o refutar les descripcions inicials i per aportar noves teories i/o hipòtesis amb l'anàlisi conjunt de les dades disponibles. S'ha dedicat un especial esment en homogeneïtzar les bases de dades i filtrar la informació que era comparable dins tota la sèrie temporal de la que no ho era. Així doncs, la integració d'aquestes dades ens ha permès abordar els següents objectius:

- a. Determinar si hi ha un o diferents poblaments de peixos infralitorals característics de Cabrera i com els afecta la protecció i la fondària
- b. Determinar com la gestió del parc, expressada en l'establiment de diferents nivells de protecció i en el temps creixent sota aquests règims, ha influït en aspectes faunístics, en l'estructura dels poblaments (indicadors sintètics sobre riquesa, densitat, biomassa, pes mitjà i nivell tròfic) i sobre espècies o grups d'espècies concretes, especialment aquelles més vulnerables a la pesca.

MATERIAL I MÈTODES

ÀREA D'ESTUDI

Les dades dels projectes de recerca realitzats a Cabrera i emprades en el present article (Taula I), se circumscriuen dins els límits del parc i en zones del sud-oest i sud de Mallorca, en ambdós casos dins l'infralitoral rocós. Des de la seva declaració el 1991 fins l'aprovació del primer Pla Regulador d'Usos i Gestió (PRUG) el 1995, la normativa general del parc prohibí la pesca recreativa en totes les seves modalitats i la pesca de ròssec mentre que s'establí un cens tancat d'embarcacions d'arts menors amb permís per pescar en aigües del parc. Amb el PRUG de 1995 es van declarar sis zones de reserva on restava prohibida qualsevol activitat que no fos de caire científic, i la major part de les quals es van declarar a petites cales i badies de l'arxipèlag. També s'establiren com a reserva les aigües compreses dins un radi de 20 m respecte els Estells de Fora i de l'Imperial. En aquest primer PRUG s'acordà també la prohibició de qualsevol modalitat de pesca a menys de 20 m de fondària, amb l'excepció de les arts de parada, ubicades a 6 punts concrets del parc. Totes les zones on es permetia la pesca d'arts menors s'integraven en les anomenades com a zones d'ús restringit marí.

Taula I. Resum descriptiu dels projectes analitzats on s'especifica l'any en què es realitzà el projecte, el seu acrònim, la institució que el dugué a terme, el tipus d'espècies censades (P: tot el poblament íctic; VP: espècies vulnerables a la pesca), l'interval batimètric (IB), l'àrea del transecte, i el nombre de rèpliques i de llocs mostrejats al Parc Nacional de Cabrera (CBR) i a Mallorca (MLL).

ANY	PROJECTE	INSTITUCIÓ	ESPÈCIES	IB (m)	ÀREA (m ²)	RÈPLIQUES	CBR	MLL
1993	SER_C	CSIC/UIB	P	6.0 - 26.0	250	30	3	
1993	SER_V	CSIC/UIB	VP	6.0 - 22.5	250	36	3	
1995	SER_V	UIB	VP	6.0 - 12.0	250	11	2	
1996	ERCA	IEO	P	4.6 - 25.5	250	65	5	3
1998	ERCA	IEO	P	5.2 - 27.5	250	144	6	6
2000	ERCA	IEO	P	5.5 - 27.0	250	144	6	6
2004	BIOMEX	UM	P	4.3 - 26.5	150	252	11	9
2006	ERCA	IEO	P	4.8 - 24.3	250	120	6	6
2008	EPIMHAR	IEO-GOVERN	<i>Epinephelinae</i>	3.4 - 29.0	150	288	15	
2016	REDES	UB-IEO	P	7.6 - 16.7	250	16	2	2

El 2006 s'aprovà el segon PRUG del parc, que és encara vigent, i que pel que fa a la pesca adoptà la regulació bàsica del Reial Decret 941/2001, incidint en la regulació per mesos dels diferents ormeigs i en la limitació d'esforç de tremall i palangre (veure capítol X d'aquest volum per a més detalls). La zonificació varià poc en aquest darrer PRUG, mantenint-se les zones de reserva encara que formalment l'illa de ses Rates i el coll Roig passaren a ser una zona d'ús restringit pesquer, on tan sols es permet la pesca de calamar amb potera (Fig. 1). Com a noves mesures de conservació, s'establí una zona de regeneració de maèrl al sud-oest de la illa gran, on restà prohibida la pesca amb qualsevol art o ormeig que toqui el fons, i es prohibí la pesca amb tremall a Na Foradada. Totes les aigües que el 1995 es consideraven com a d'ús restringit marí, passaren a ser qualificades com d'ús moderat, sense grans canvis en la normativa que les afecta, apart de la regulació d'esforç pesquer comentada abans.

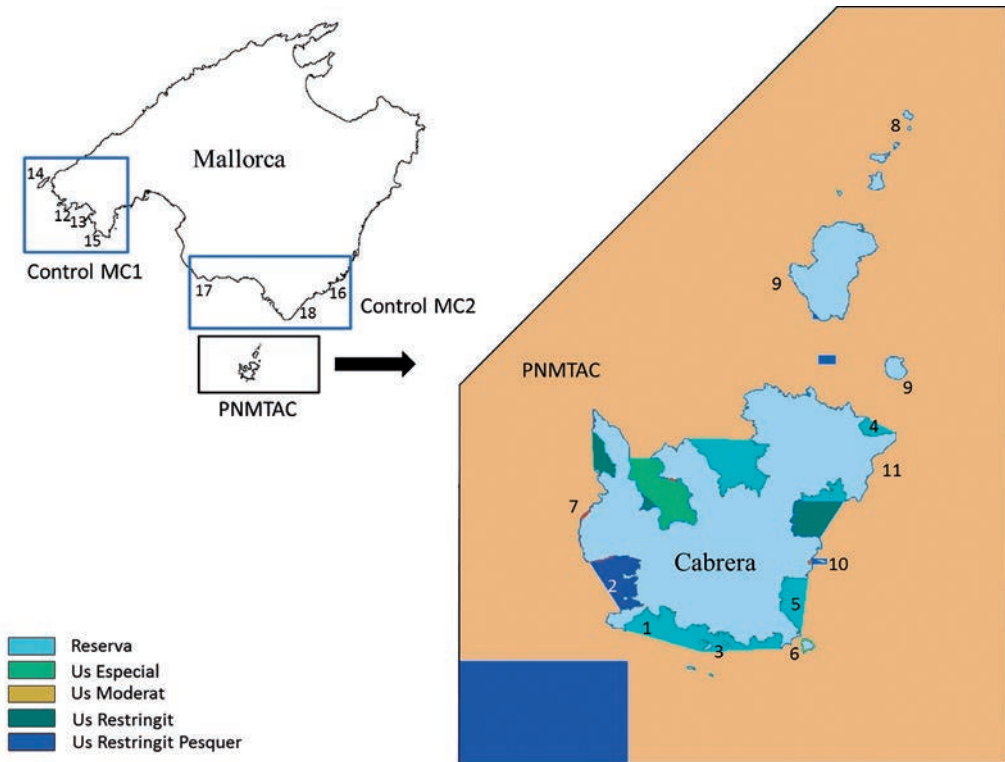


Figura 1. Distribució dels llocs de mostreig al Parc Nacional Maritim–Terrestre de l’Arxipèlag de Cabrera i als controls MC1 i MC2 de Mallorca. 1. Codolar Estells; 2. Rates/Coll Roig; 3. Estells; 4. Cala Emboixar; 5. Codolar Imperial; 6. Imperial; 7. Cala Galiota/Picamosques; 8. Illots; 9. Conillera/Redona; 10. Bledes; 11. Carabassa/Ventós; 12. Peguera; 13 Malgrats; 14. Dragonera (inclou 3 llocs: a,b,c); 15. Toro; 16. Cala Figuera (a,b,c); 17. Cap Blanc (a,b,c); 18. Cala Llobards (a,b,c).

El conjunt de llocs estudiats se situen a punts geogràfics concrets o a sectors més amplis dintre dels quals ha pogut variar el lloc en certs anys en funció del projecte. Els llocs de mostreig utilitzats en els diferents projectes s’han agrupat *a posteriori* en funció d’aquests sectors, sempre dins una unitat fisiogràfica clara (cales, badies, penya-segats, illots), per tal d’optimitzar les sèries temporals de dades.

Així, els llocs estudiats dins les zones de reserva han estat: Coll Roig/Illa de ses Rates; cala Emboixar, Codolar de l’Imperial, Codolar d’Estells i Estells (que integra l’Estell de s’Esclata-Sang i l’Estell Xapat) (Fig. 1).

A les zones d’ús moderat els llocs estudiats són: l’Imperial, des de cala Galiota a Picamosques, els Illots del nord de Cabrera (integren bàsicament na Foradada i Illot de Na Foradada), Conillera/Redona, Illa de ses Bledes, i des del cap de sa Carabassa fins al cap Ventós (Fig. 1).

Donat que la declaració del Parc va fer possible que les aigües de Cabrera esdevinguessin un cas experimental a efectes dels poblaments de peixos, als quals se’ls aplicà un tractament (protecció total o parcial), calia examinar situacions control sense cap tipus de tractament/protecció pesquera. Aquestes zones control tan sols podien ser triades a les costes de Mallorca. Entre els llocs més semblants i, per tant, més comparables a Cabrera, els diferents projectes van prendre l’Illa de Sa Dragonera (conté 3 llocs: Tramuntana, Llevant i Ponent), el cap Andritxol (Peguera), les Illes Malgrats i l’Illa del Toro, al ponent de Mallorca. Per motius logístics d’alguns projectes es van prendre també llocs control menys semblants a l’ambient de Cabrera, situats al sud i sud-est de Mallorca: Cap Blanc, cala Llobards i cala Figuera de Santanyí. Cadascun d’aquests llocs control del sud i sud-est de Mallorca contenia 3 llocs separats al menys 100 metres.

LA PRESA DE DADES

Totes les dades tractades en aquest estudi provenen de mostreigs no destructius mitjançant censos visuals amb escafandre autònom (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Les dades dels diferents projectes analitzats s'obtingueren amb aquest mètode, si bé es van donar variacions particulars en la seva aplicació, degut a que, com s'ha comentat, els projectes no seguien un protocol comú d'un seguiment oficial dels peixos del parc.

Els primers mostreigs després de la declaració del parc (1993 i 1995) s'obtingueren sobre transsectes fixos repetits ("replicats") en dies diferents, tot seguint el protocol descrit aleshores pels primers treballs de censos visuals a la Mediterrània (Bell, 1983; Garcia-Rubies i Zabala, 1990) i a Cabrera (Garcia-Rubies, 1993). En els anys vinents els censos se seguiren realitzant mitjançant transsectes però que eren distribuïts a l'atzar dins un estrat determinat de fondàries (5-15 m i 15-30 m) i d'hàbitat (fons rocosos de complexitat variable). Aquest mostreig estratificat a l'atzar es va realitzar amb diferents mides de transsecte en els diferents projectes (Taula I): 50x5 per als mostreigs realitzats en els anys 1996, 1998, 2000, 2006 i 2016 (projectes ERCA i REDES), i en transsectes de 30x5m en 2004 i 2008 (projectes BIOMEX i EPIMHAR) (Reñones *et al.*, 1998, 2001, 2012; Harmelin-Vivien *et al.*, 2008, Werner-Hackradt *et al.*, 2014, Aguilar *et al.*, 2018 i Álvarez-Berastegui *et al.*, 2018). Independentment de la mida del transsecte, el protocol de cens fou bàsicament el mateix i es troba descrit en els diferents treballs citats.

Finalment, s'ha disposat de les dades de 8 projectes d'estudi de peixos litorals desenvolupats a Cabrera, i tots ells s'han emprat per confeccionar les llistes faunístiques conjuntament amb una anàlisi bibliogràfica de publicacions sobre el medi marí a Cabrera (Annex I). A efectes de l'estudi dels poblaments, on entren en joc tant aspectes qualitius com quantitius, es van rebutjar aquells projectes on la llista d'espècies era tancada *a priori* o que presentaven fondàries i/o llocs de mostreig que no coincidien amb la resta de projectes. Amb l'objecte d'homogeneïtzar al màxim les condicions en la presa de dades, el nombre de projectes considerats s'ha reduït finalment a 6 (Taula I). La base de dades confeccionada compta aleshores amb 15 punts de mostreig, 1.106 transsectes, una àrea coberta de 22,3 ha de fons marí i una sèrie temporal de 9 anys dins el període de 1993 a 2016.

ANÀLISI DE LES DADES

De cada transsecte s'obtingué un llistat d'espècies que permeté calcular la riquesa (S), l'abundància de cada espècie i total (Ab); el pes mitjà (Pm), i la biomassa específica i total (B) a partir de la talla estimada (veure protocol segons Bell *et al.*, 1985) i de les relacions talla-pes segons Morey *et al.* (2003).

ANÀLISI MULTIVARIANT

L'efecte de les variables ambientals sobre la composició de les espècies de peixos s'ha abordat mitjançant l'anàlisi de redundància (RDA), disponible en el paquet informàtic CANOCO 4.5 (ter Braak i Smilauer, 2002). En aquest cas, la variable dependent (resposta) va ser la densitat (abundància) i la biomassa (kg) de les espècies de peixos estandarditzades a 250 m². Les variables explicatives incloses en el model van ser l'any de mostreig (1996, 1998, 2000, 2004, 2006), la profunditat (inclosa en la RDA com a variable explicativa contínua en metres); i les zones (Cabrera: reserva integral (CRI) i ús moderat (CUM); Mallorca: control MC1 i control MC2). L'any i la zona es van incloure com a variables explicatives nominals (categòriques). Les dades de 1993 i 2016 no s'incorporaren en aquesta anàlisi per manca de zones control l'any 1993 i per falta de mostres de major fondària l'any 2016. La interacció entre l'any i la zona també es va analitzar en el model RDA. L'efecte de cada variable es va analitzar mitjançant models parcials de la RDA que permeten l'anàlisi d'una variable explicativa particular després d'ajustar la resta de les variables com a covariables. La importància dels models es va avaluar usant el test de Monte Carlo basat en 999 permutacions. La representació dels resultats es va fer tenint en compte les variables "any, profunditat i zona", però sense considerar l'efecte de la interacció. Les dades de les espècies es van

transformar en logaritme ($x+1$) i les espècies que apareixien amb una freqüència inferior al 10% no es van considerar en l'anàlisi multivariant.

La representació gràfica d'aquests resultats és un diagrama d'ordenació en el que surten representats, com a vectors, els factors ambientals i les espècies. Quan més llargs són els vectors i més propers es troben a un dels eixos determinats per l'anàlisi (eixos horitzontal i vertical), més alta és la correlació del vector amb l'eix. D'igual forma s'ha d'interpretar la situació de les espècies respecte els vectors. Les variables nominals o qualitatives es representen com a centroides i la seva situació respecte els eixos permet identificar el significat ambiental de cada eix i la seva relació amb les espècies.

ANÀLISI UNIVARIANT

Apart de l'anàlisi de poblaments s'han analitzat diferents indicadors de la seva estructura com són la riquesa d'espècies, l'abundància total de peixos (individus/250 m²), el pes mitjà (g) i la biomassa total (kg/250 m²). Per refinar les anàlisis relacionades amb els efectes de la pesca s'ha treballat també amb la biomassa conjunta de les espècies demersals de caire més resident i que eren d'interès pesquer (veure Annex I per a les espècies considerades).

La comparació estadística d'aquests indicadors es va realitzar mitjançant l'anàlisi de la variància (ANOVA). Per simplificar els models i evitar interaccions de més de dues variables explicatives s'analitzà primer l'efecte conjunt de la fondària i la localitat per, després, independentment, fer una anàlisi per estrat de fondària (< 15 m i > 15 m) amb les variables explicatives: Any (1996, 1998, 2000, 2004, 2006), Zona (Cabrera vs Mallorca), i la interacció Any*Zona. El primer any de la sèrie històrica de dades no es va incloure a l'ANOVA, però sí a la representació gràfica, ja que el 1993 no es varen mostrear les zones control de Mallorca. L'any 2016 sols es va poder considerar en el model de menor fondària per falta de mostres a l'estrat de major fondària.

En les zones de reserva d'on es disposava d'una sèrie llarga de dades, i per a l'indicador d'espècies vulnerables a la pesca, l'anàlisi de les sèries temporals a cada fondària es va completar amb ajusts de diferents funcions que tenen relació amb processos ecològics contrastats: assoliment d'un límit o capacitat de càrrega (*best-fit logistic curve* (Kaufman, 1981)) i variacions de densodependència i/o fluctuacions cícliques (funcions polinòmiques de 2n i 3er grau). Per a aquest grup d'espècies i una vegada analitzades les sèries temporals es va realitzar una comparació de llocs concrets mitjançant ANOVA per veure les variacions a petita escala espacial (100s a 1000s de metres) des de l'any 1998 endavant.

Prèviament a les anàlisis ANOVA es va testar la normalitat de les dades a partir de l'anàlisi dels residuals, i la homogeneïtat de les variàncies mitjançant el test de Cochran. Quan va ser necessari es varen transformar les dades amb la funció $\log(x+1)$. Així i tot, quan les assumpcions de normalitat i homogeneïtat no es varen complir, es van admetre com a significatius els valors de $p < 0,01$ amb l'objectiu de fer una anàlisi més conservativa i evitar l'error de tipus I (és a dir, rebutjar la hipòtesis nul·la quan aquesta és vertadera) (Underwood, 1997).

L'estructura tròfica dels poblaments s'ha descrit amb les mitjanes de biomassa integrada en 5 nivells tròfics: planctòfags, herbívors, detritívors, carnívors i depredadors apicals segons la referència de Guidetti *et al.* (2014). Els depredadors apicals s'han dividit a la seva vegada en demersals o nectobentònics i en pelàgics costaners.

RESULTATS

LA ICTIOFAUNA

Entre el primer (1993) i el darrer projecte (2016) realitzats després de la declaració del Parc Nacional s'han enregistrat 79 espècies de peixos infralitorals que pertanyen a 23 famílies. Dins el Parc Nacional s'ha obtingut un llistat de 73 espècies mentre que a les zones control de Mallorca se n'han enregistrat 70 en el mateix període. Els espàrids, amb 13 espècies, i els làbrids amb 12, han estat les famílies més diverses tant a Cabrera com a Mallorca (veure taula de l'Annex I). La comparació amb obres anteriors a la declaració del Parc (Riera *et al.*, 1993), ha permès constatar l'extinció local del tord (*Symphodus melops*) i el gripau (*Ctenolabrus rupestris*), així com confirmar la presència dels cabots *Gammogobius steinitzi* i *Gobius xanthocephalus*, de la rabosa (*Parablennius pilicornis*) i de l'escòrpora de penyal (*Scorpaena maderensis*).

Hi ha un poblament de peixos característic de Cabrera?

Quan considerem l'abundància de cada espècie, podem observar que tant a Cabrera com a Mallorca apareixen dos poblaments de peixos relacionats amb la fondària. Per una banda tenim un poblament superficial que conté més espècies que el profund, i una major abundància de donzella (*Coris julis*), trujeta (*Symphodus rostratus*), tord flassader (*Symphodus tinca*), saig (*Symphodus ocellatus*), tord roquer verd (*Symphodus roissali*), d'una escòrpora que no fou identificada a tots els projectes però que es tracta majoritàriament de l'escòrpora de penyal (*Scorpaena maderensis*), i també del fadrí (*Thalassoma pavo*). El poblament profund d'ambdues localitats està caracteritzat per una major abundància de serrans (*Serranus cabrilla*), morenes (*Muraena helena*) i déntols (*Dentex dentex*). Però a més, els poblaments a Cabrera estan enriquits per un grup d'espècies l'abundància de les quals és independent de la fondària, i que es caracteritzen per ser molt vulnerables a la pesca. En aquest grup hi trobem la càntara (*Spondyliosoma cantharus*), l'anfós llis (*Epinephelus costae*), la variada (*Diplodus vulgaris*), l'anfós (*Epinephelus marginatus*), el tord massot (*Labrus merula*) i la grívia (*Labrus viridis*) (Fig. 2). Aquesta descripció es deriva de l'anàlisi multivariant, que indica que totes les variables incloses en el model (any, fondària i zona) condicionen d'alguna manera i en proporció semblant la composició específica dels poblaments observats (Taula IIa). Malgrat les diferències entre els poblaments de Cabrera i de Mallorca, el factor any és el que explica un major percentatge de la variància total del model, principalment a causa dels valor més baixos d'abundància observats durant el 2006 per a pràcticament totes les espècies (veure la seva ubicació aïllada i lluny de la majoria d'espècies en el diagrama de la Fig. 2a).

Taula II. Resultats de l'anàlisi de redundància (RDA) aplicat a la matriu d'abundància (A) i de biomassa (B) de les espècies de peixos. S'indica la variància explicada pel model complet (incloses totes les variables explicatives), per cada una de les variable explicativa per separat (RDA parcial) i les covariables incloses en cada anàlisi. També s'indiquen els valors de F (estadístic) i el valor P (probabilitat) després de 999 permutacions.

Variables explicatives	Traça	Variància explicada (%)	Covariables	F	P
A. Model complet	0.275			11.565	0.001
Any (Y)	0.087	31.636	D, Z	16.834	0.001
Fondària (D)	0.078	28.364	Y, Z	60.750	0.001
Zona (Z)	0.079	28.727	Y, D	20.424	0.001
Y*Z	0.035	12.727	Y, D, M	2.577	0.001
B. Model complet	0.326			14.788	0.001
Any (Y)	0.054	16.564	D, Z	11.384	0.001
Fondària (D)	0.074	22.699	Y, Z	26.146	0.001
Zona (Z)	0.175	53.681	Y, D	49.109	0.001
Y*Z	0.030	9.202	Y, D, M	2.327	0.001

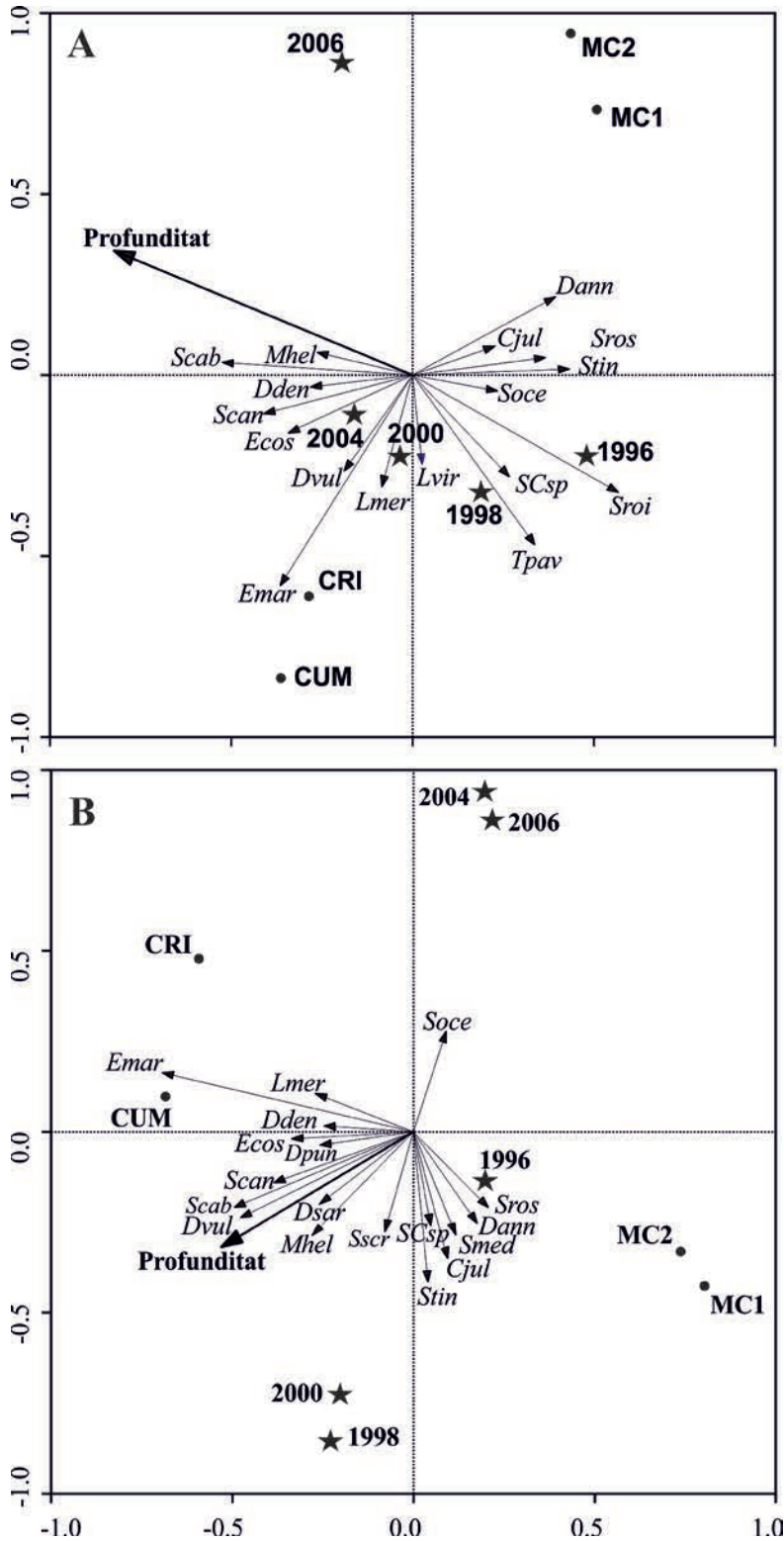


Figura 2. Diagrama d'ordenació que representa l'anàlisi RDA sobre l'abundància (A) i biomassa (B) dels peixos per als efectes any (1996, 1998, 2000, 2004 i 2006), fondària i zones (Cabrera: reserva integral CRI i ús moderat CUM; Mallorca: control C1 i control C2).

Quan en aquesta anàlisi tenim en compte la mida dels peixos i, per tant, el seu pes i biomassa, podem observar com la variable zona (Cabrera *vs.* Mallorca) explica la major part de la variància total del model (Taula IIb). Les espècies que apareixen en el marge esquerre del diagrama estan molt relacionades amb la protecció de les zones estudiades a Cabrera doncs són vulnerables a la pesca: la variada, el serrà, la càntera, la morruda (*Diplodus puntazzo*), l'anfós llis, el déntol, l'anfós i el tord massot; mentre que les espècies situades al marge dret, relacionades amb les zones control de Mallorca, tenen poc interès pesquer: la trugeta, l'esparrall, el tord roquer (*Symphodus mediterraneus*), la donzella i el tord flassader (*Symphodus tinca*). La fondària és la segona variable en importància i explica que la majoria d'espècies apareguin situades a més de 15 m tant a Cabrera com a Mallorca, la qual cosa indica que llur biomassa és sempre major a major fondària. L'única espècie que per la seva abundància genera més biomassa en l'infralitoral superior (< 15 m) d'ambdues localitats és el saig (*S. ocellatus*), i de forma especial en els anys 2004 i 2006. La tercera variable amb major influència és l'any, observant-se clarament dos grups: els anys 1998 i 2000, amb una major biomassa de pràcticament totes les espècies, en front dels anys 2004 i 2006, amb valors baixos de biomassa.

Indicadors de l'estructura dels poblaments

La riquesa d'espècies

Aquest indicador no es veu afectat per la fondària dins l'infralitoral ($F_{(1,587)} = 1,73$; $p = 0,188$) i, per tant, es pot considerar homogeni dins l'eix vertical entre 5 i 30 m, amb valors mitjans al voltant de les 16 espècies/250 m² (Fig. 3a). La riquesa mitjana de les zones protegides de Cabrera ha estat lleugera però significativament superior a la de les zones control de Mallorca, tant en l'estrat superficial (<15 m) com en el profund (>15 m) ($F_{1,321} = 41,3$; $p < 0,01$ i $F_{1,248} = 8,38$; $p < 0,01$ respectivament) (Fig. 3a). Pel que respecta a l'efecte del temps, a Cabrera es pot comprovar un patró amb valors màxims entre el cinquè i novè anys des de la declaració del parc, i mínims al començament i al final de la sèrie temporal (Fig. 3a). Aquestes diferències s'observen en ambdós estrats de fondària i foren significatives. A Mallorca el patró és molt semblant i els valors mitjans també presenten diferències significatives entre els diferents anys (Fig. 3a).

L'abundància total

La densitat mitjana de peixos ha estat un 70% superior en els censos profunds de Cabrera respecte els superficials. Aquest patró es deu a espècies planctòfagues no massa freqüents (no foren incloses en l'anàlisi RDA) però que apareixen en grans moles, com n'és el cas d'una espècie resident: la forcadella (*Anthias anthias*) i d'altres que són divagants, com la boga (*Boops boops*) o la ucla (*Spicara maena*) (veure Annex I). Així, la densitat total de peixos a Cabrera se situa entre els 100-150 ind./250 m² a menys de 15 m i entre els 200-250 ind./250 m² a més de 15 m. Els censos de Mallorca no mostraren aquestes diferències, trobant-se una mitjana del voltant els 100 ind./250 m² en ambdós estrats de fondària.

La variació entre rèpliques que provoquen aquestes moles de peixos planctòfags és elevada, fins el punt de poder obscurir patrons d'espècies de caire més resident. Extraient les primeres de l'anàlisi i treballant tan sols amb les espècies més associades al fons (nectobentòniques o demersals), les diferències entre fondàries resten desdibuixades ($F_{(1,587)} = 2,04$; $p = 0,15$), amb unes mitjanes molt semblants entre ambdós estrats: 153 ind./250 m² a Cabrera i 130 ind./250 m² a Mallorca (Fig. 3b).

En l'estrat superficial l'abundància mitjana d'aquestes espècies demersals ha estat superior a Cabrera respecte a Mallorca (189 *vs.* 144 ind./250 m²) ($F_{1,321} = 8,04$; $p < 0,01$) mentre que la tendència temporal és decreixent, amb valors significativament menors en els darrers anys d'estudi, tant a Cabrera com a Mallorca (Fig. 3b). En l'estrat profund l'abundància mitjana també fou lleugera però significativament superior a Cabrera (160 *vs.* 133 ind./250 m²) ($F_{1,248} = 11,05$; $P < 0,01$) mentre que l'evolució temporal presentà una clara distribució unimodal en ambdues localitats. Els pics d'aquesta distribució s'observaren el novè any a Cabrera (202 ind./250 m²) i el setè any de la

sèrie a Mallorca (171 ind./250 m²) (Fig. 3b). Aquests pics d'abundància produïren diferències significatives amb els primers i darrers anys d'estudi tant a Cabrera com a Mallorca (Fig. 3b).

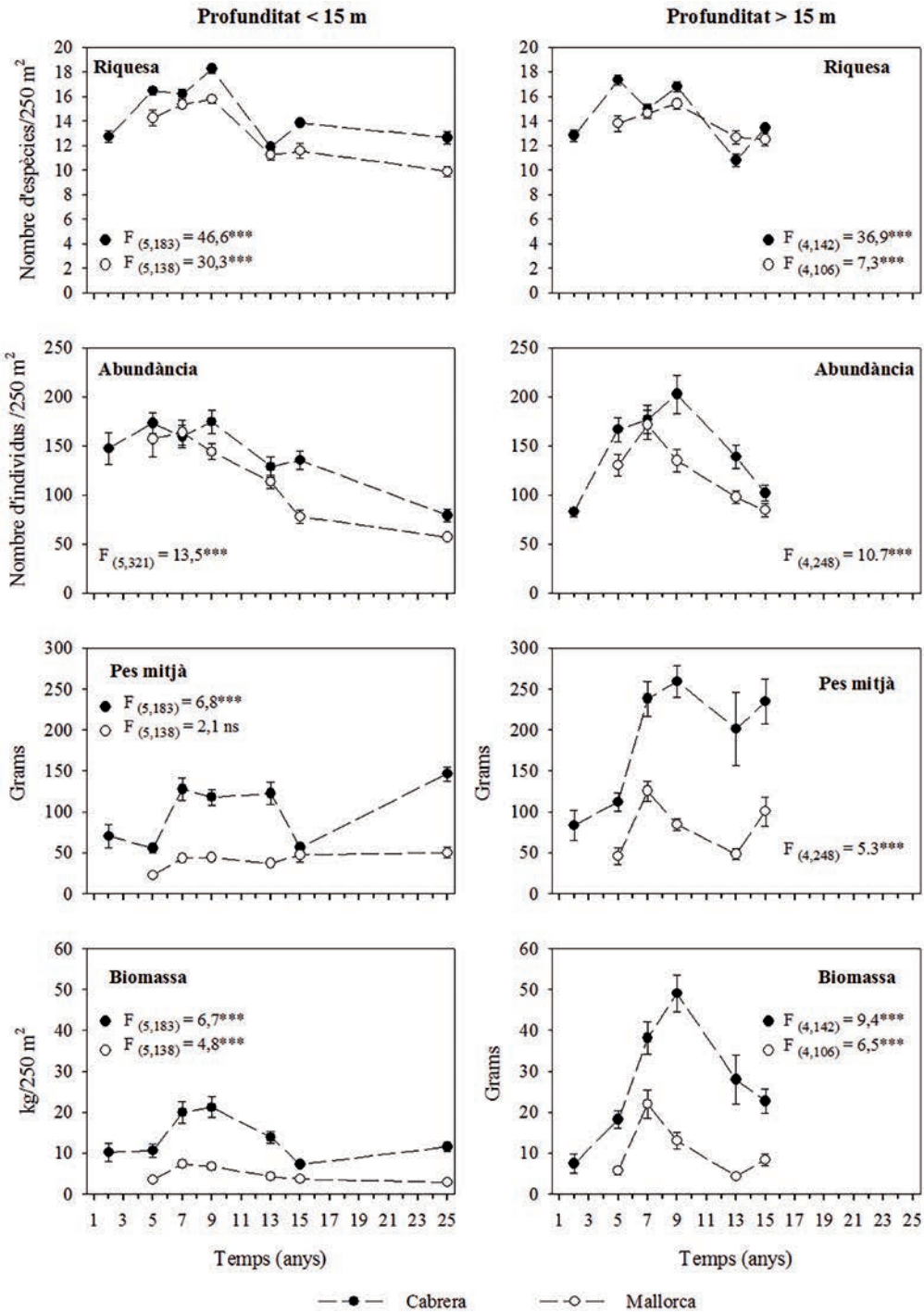


Figura 3. Variació del nombre mitjà d'espècies o riquesa, abundància, pes mitjà i biomassa de peixos entre localitats (Cabrera i Mallorca), anys i fondàries. Resultats de l'anàlisi de la variància entre cada indicador i els anys 1996, 1998, 2000, 2004, 2006 i 2016 per a cada localitat. En els casos en què no hi hagué interacció Temps x Localitat, es mostra un únic resultat de l'ANOVA per a ambdues localitats. *: $p < 0,05$; **: $p < 0,025$; ***: $p < 0,01$; ns: no significativ.

El pes mitjà dels peixos

El pes mitjà es duplica entre l'estrat superficial i profund tant a Cabrera (mitjana de 104 g *vs* 216 g) ($F_{(1,334)} = 80,0$; $p < 0,01$) com a Mallorca (mitjana de 42 g *vs* 90 g) ($F_{(1,253)} = 78,7$; $p < 0,001$) (Fig. 3c).

En l'estrat superficial els valors de Cabrera són significativament superiors als de Mallorca (104 g *vs* 42 g) ($F_{(1,321)} = 67,0$; $p < 0,001$) durant tota la sèrie temporal amb l'excepció de l'any 2006, quan es produí una minva important a Cabrera (Fig. 3c). A Mallorca el patró és més estable, situant-se entre 30 i 50 g durant tota la sèrie temporal (Fig. 3c).

A més de 15 metres de fondària, a Cabrera es produí un increment important del pes mitjà amb el temps, passant de valors d'en torn els 100 g el segon i el cinquè any de la sèrie, a més de 200 g en els darrers quatre anys d'estudi. Aquests canvis produïren diferències significatives entre localitats (216 g *vs* 90 g) ($F_{1,248} = 70,72$; $p < 0,001$) i entre anys (Fig. 3c). A Mallorca també hi ha variacions importants encara que no presenten una tendència clara d'augment com a Cabrera (Fig. 3c).

La biomassa

La biomassa mitjana de peixos és el doble en les aigües profundes de Cabrera respecte les superficials (32,7 *vs* 14,8 kg/250 m²) ($F_{1,334} = 73,6$; $p < 0,001$), una relació que s'observa també a Mallorca encara que amb valors menors (13,2 *vs* 5,4 kg/250 m²) ($F_{1,253} = 35,4$; $p < 0,001$). Aquests valors ens mostren que la biomassa superficial de Cabrera és quasi tres vegades superior respecte els controls de Mallorca ($F_{1,321} = 55,01$; $p < 0,01$) mentre que la biomassa profunda a Cabrera és 2,5 vegades superior respecte a Mallorca ($F_{1,248} = 61,4$; $p < 0,001$).

En aigües superficials, la sèrie temporal a Cabrera presenta valors mitjans molt semblants entre els primers i els darrers anys, però amb valors màxims en els anys centrals de la sèrie, el setè i novè anys (1998 i 2000), tal com s'havia reflectit en l'anàlisi multivariant, produint-se diferències significatives (Fig. 3d). A Mallorca s'observa un patró semblant encara que amb variacions menys importants (Fig. 3d).

A Cabrera i en l'estrat profund trobam el mateix patró però accentuat en els valors centrals, formant una resposta unimodal en ambdues localitats. Si bé es produeix, com s'ha comentat, una minva posterior als màxims centrals de la sèrie, els valors al cap de 13 i 15 anys (2004 i 2006), són encara força elevats (>20 kg/250 m²) i superiors als de l'inici de la sèrie (< 10 kg/250 m²) (Fig. 3d). A Mallorca els increments centrals de la sèrie també foren significatius tot i que la tendència general no és clarament creixent com a Cabrera (Fig. 3d).

El nivell tròfic dels poblaments

La biomassa de les aigües superficials de Cabrera està dominada per peixos carnívors de mida petita i mitjana (2-40 cm), bàsicament làbrids, espàrids i esciènids (amb l'escorball com a única espècie) (Fig. 4a). Entre els carnívors i durant gairebé tot l'estudi, els espàrids han estat els peixos que major biomassa han aportat en l'estrat superficial (25-50% respecte la biomassa total), dominant la variada i el sarg. La minva de biomassa observada en els anys 2004 i 2006 es deu a una minva de carnívors, i concretament dels dos espàrids esmentats, de fins a tres vegades el sard i de fins a sis vegades la variada respecte els màxims de 1998. Els depredadors apicals demersals foren importants en els anys centrals de la sèrie (1998, 2000 i 2004) però el 2006 i el 2016 tornaren als valors inicials, amb menys de 5 kg/250 m² (Fig. 4a). L'anfós (*Epinephelus marginatus*) és l'espècie que major biomassa aporta dins aquest grup tròfic, incrementant-se la seva importància relativa de forma progressiva, des del 70% el 1996 fins el 100% el 2016, tot i la seva minva absoluta. Els depredadors apicals de caire pelàgic costaner, bàsicament els espets (*Sphyræna* spp.) i la cirviola (*Seriola dumerili*), tenen una aparició ocasional degut al seu caràcter divagant i estan poc representats, sense una tendència definida. Entre els nivells tròfics més baixos mai s'assoleix la biomassa que mostren carnívors i depredadors apicals, i destaca la minva d'herbívoros (saupa, *Sarpa salpa*) en els tres darrers anys de

la sèrie. A les zones control de Mallorca el patró és molt semblant, amb dominància de carnívors, però amb valors mitjans molt més baixos que a Cabrera, normalment per davall dels 5 kg/250 m² (Fig. 4a).

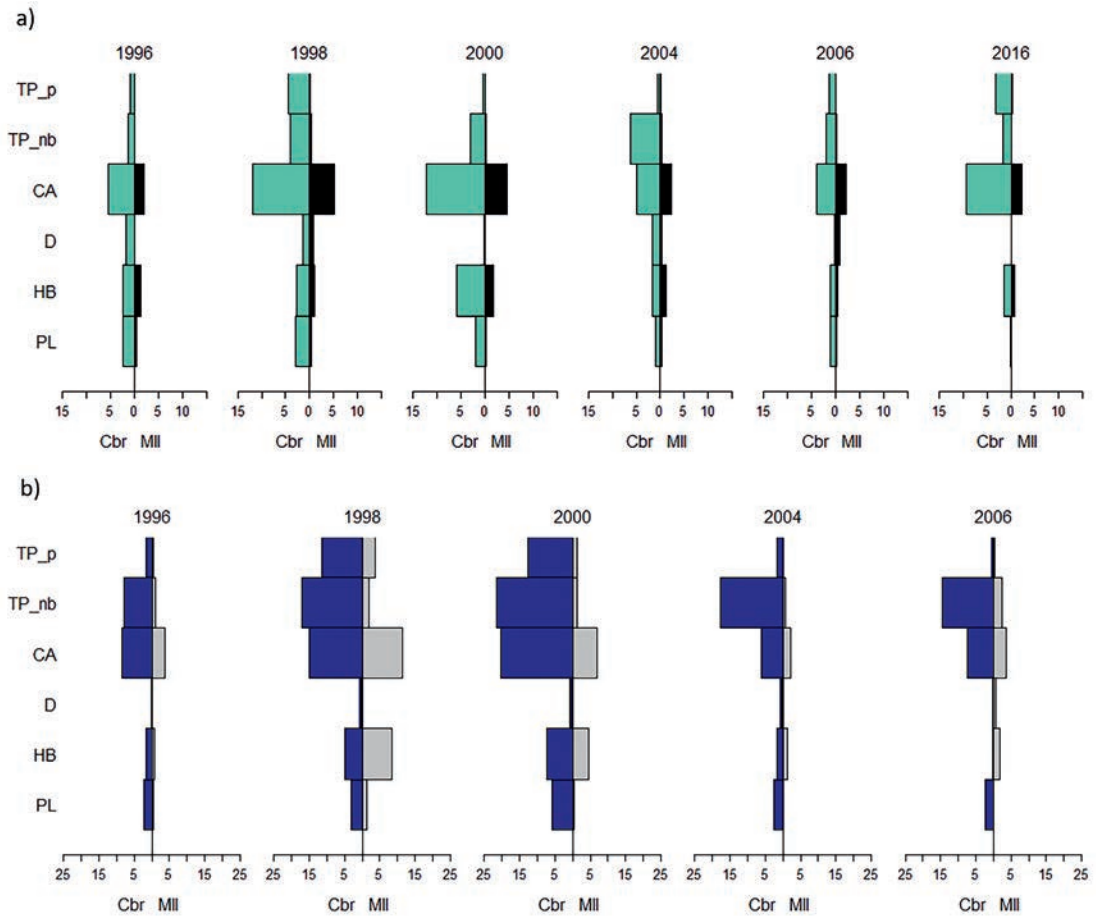


Figura 4. Biomassa mitjana (kg/250 m²) per als nivells tròfics: PL:Planctòfags; HB:Herbívors; D: Detritívors; CA: Carnívors; TP_nb: Depredadors apicals nectobentònics i TP_P: Depredadors apicals pelàgics) en els estrats de fondària a) <15 m i b) > 15 m.

Dins les aigües de Cabrera i a major profunditat (>15 m) canvia l'estructura tròfica del poblament doncs els predadors apicals demersals passen a ser majoritaris en biomassa a partir de 1998 (Fig. 4b). Cal destacar que igual que a <15 m, el principal component d'aquest grup tròfic és l'anfós, que també evoluciona des del 70% al 90% de la biomassa entre 1996 i 2006 dins el seu grup tròfic. Les altres espècies són minoritàries dins aquest grup i tan sols un altre gran serranid, l'anfós llis (*Epinephelus costae*), aporta fins al 6% de la biomassa. L'estructura tròfica del poblament presenta un major equilibri en els anys centrals de la sèrie (1998 i 2000) quan s'observa una bona representació de tots els grups tròfics amb l'excepció dels detritívors. En concordança amb la tendència temporal observada a l'infralitoral inferior, els carnívors pateixen una minva important els dos darrers anys de la sèrie, degut principalment a una minva de biomassa de variades de fins a cinc vegades respecte els màxims enregistrats.

A Mallorca, el poblament profund es diferencia del de Cabrera per l'escassetat de predadors apicals, tant demersals com pelàgics, amb una dominància de peixos carnívors de mida petita i mitjana (Fig. 4b).

Les espècies demersals vulnerables a la pesca

Entre les 79 espècies enregistrades en els comptatges de Cabrera i de Mallorca n'hi ha vint-i-una que tenen un grau de residència notable i que, a més, són objecte directe de la pesca (veure l'Annex I). Era d'esperar que aquestes espècies tinguessin una resposta directa a la protecció total o parcial, i per la seva importància hem triat aquí els llocs d'on disposàvem d'una major sèrie temporal de dades. Això ens ha permès comparar els tres nivells de gestió considerats: zones de reserva, zones d'ús moderat i zones obertes a la pesca (controls de Mallorca).

En l'estrat superficial, les zones de reserva (Rates/Coll Roig i Estells) han presentat el triple de biomassa respecte a les zones no protegides en el conjunt dels anys analitzats ($7,3 \text{ kg}/250\text{m}^2$ vs $2,4 \text{ kg}/250\text{m}^2$), mentre que les zones d'ús moderat (Illots) han presentat quasi 4 vegades major biomassa que a Mallorca ($8,9 \text{ kg}/250\text{m}^2$ vs $2,4 \text{ kg}/250\text{m}^2$) ($F_{(2,164)} = 13,5$; $p < 0,01$). En l'estrat profund, la biomassa de les zones de reserva ha estat 2,5 vegades superior respecte a les zones no protegides ($17,2 \text{ kg}/250\text{m}^2$ vs $7,2 \text{ kg}/250\text{m}^2$) mentre que a les zones d'ús moderat la biomassa ha estat 4 vegades superior respecte les zones control de Mallorca ($27,9 \text{ kg}/250\text{m}^2$ vs $7,2 \text{ kg}/250\text{m}^2$) ($F_{(2,130)} = 22,9$; $p < 0,025$) (Fig. 5).

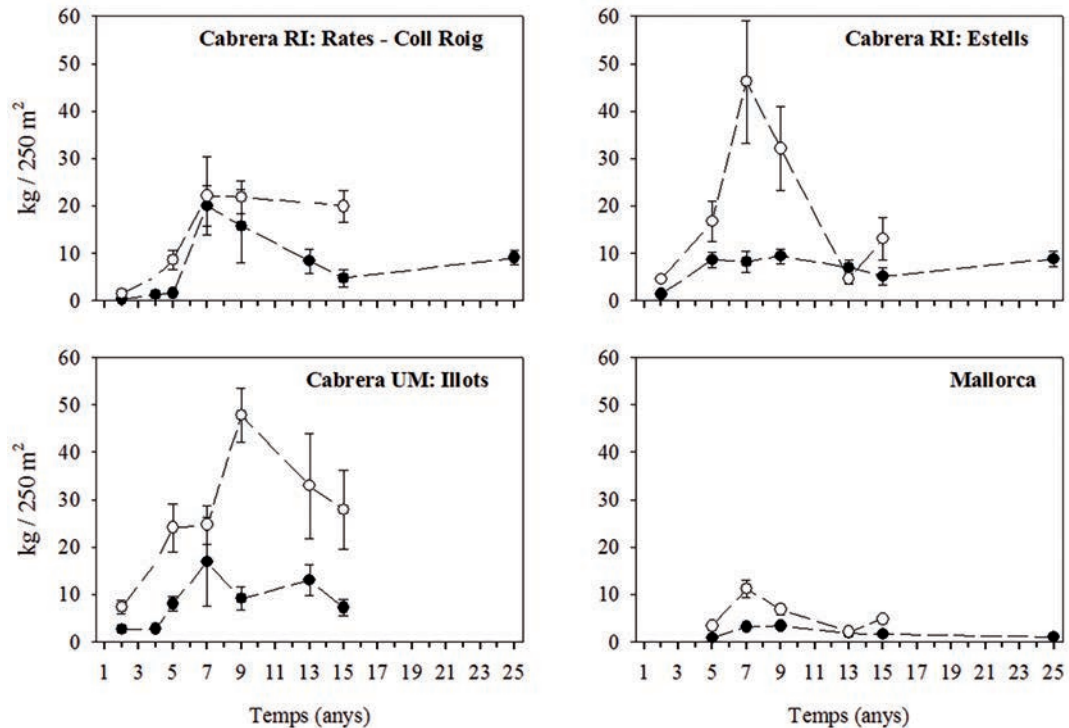


Figura 5. Evolució temporal de la biomassa mitjana ($\text{kg}/250 \text{ m}^2$) de les espècies demersals vulnerables a la pesca dins zones de reserva integral (Rates/Coll Roig i Estells), ús moderat (Illots) i els controls de Mallorca.

Aquests resultats amb les espècies més vulnerables a la pesca s'han produït com a resultat d'una evolució temporal positiva, de biomassa creixent des que es declarà el Parc (Fig. 5). Els primers mostreigs de 1993 i 1995 mostraren valors baixos en la majoria de zones estudiades per després incrementar-se i assolir màxims entre 7 i 9 anys després de la declaració del parc (el 1998 i el 2000). Els patrons observats al llarg del temps no són homogenis entre diferents zones si bé la tendència general és d'un increment sostingut entre 1993 i 1998, any a partir del qual es produeix una certa estabilització i fins i tot una regressió en els anys 2004 i 2006. Aquesta minva és destacable a la zona profunda dels Estells, on la biomassa gairebé retornà a la situació inicial de 1993, amb valors inferiors als $10 \text{ kg}/250\text{m}^2$ (Fig. 5b). A Mallorca les variacions temporals no són tan accentuades, i mostren un patró prou estable amb valors baixos de biomassa respecte els de Cabrera.

Efectes locals de la protecció

A la Fig. 6 es pot observar la gran variabilitat existent a Cabrera en front de l'homogeneïtzació que produeix la pesca a les costes de Mallorca. La protecció total o parcial a Cabrera permet entreveure el potencial de cada lloc, relacionat amb la seva capacitat de càrrega i les condicions ambientals locals. Es constata que no hi ha una situació, un valor de biomassa únic que descriu el parc. Tant en l'estrat superficial com en el profund hi ha variacions molt accentuades de la biomassa mitjana entre llocs diferents, alguns relativament propers (e.g. Codolar de l'Imperial i Illa de l'Imperial); i el que és més a destacar és que els patrons observats es conserven en ambdós estrats de fondària a cada lloc. Això implica que aquests factors són consistents a escala molt local i que poden ser destriats i descrits.

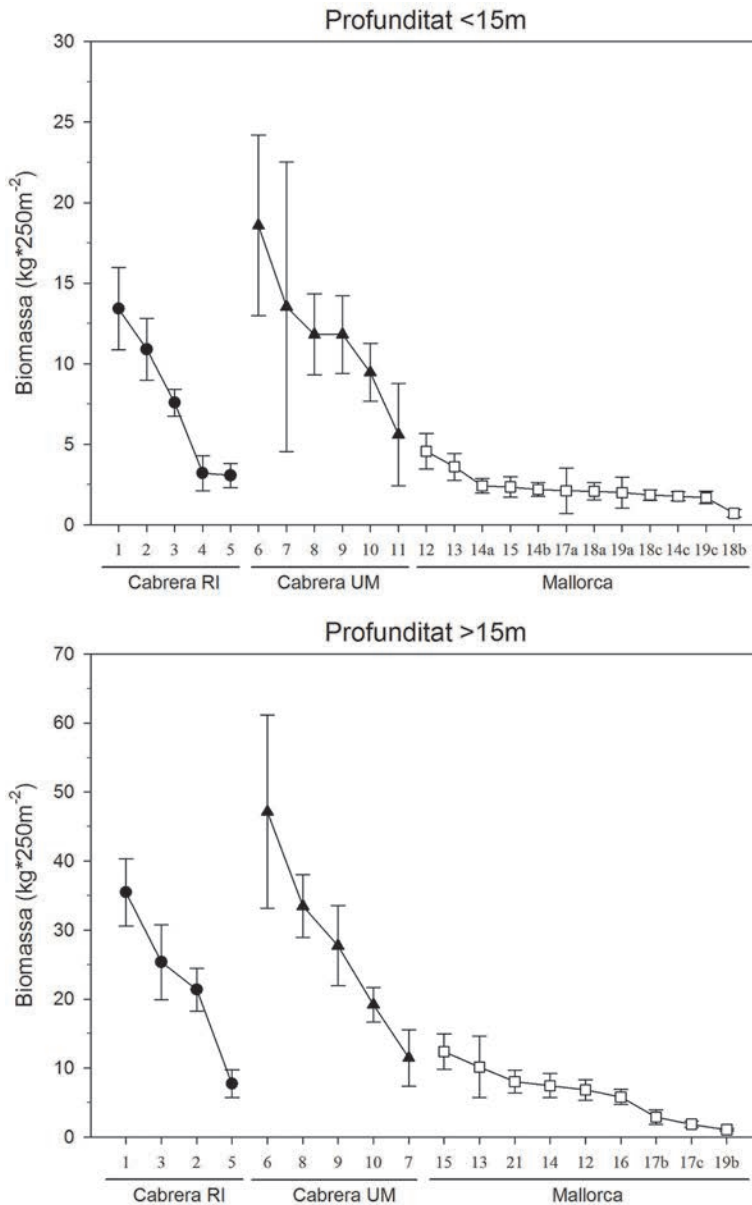


Figura 6. Variació a petita escala (100s a 1000s de m) i ordenació decreixent de la biomassa mitjana (kg/250 m²) ± error estàndard de les espècies demersals vulnerables a la pesca. RI: zones de reserva i ús restringit pesquer; UM: zones d'ús moderat; Mallorca: zones control sense protecció a <15 i a >15 m de fondària.

La importància ecològica d'aquests factors transcendeix fins i tot el grau o nivell de protecció doncs es fa palesa la major biomassa existent a llocs d'ús moderat com l'Imperial o els illots del nord de Cabrera respecte a llocs situats dins zones de protecció màxima. Dins l'estrat superficial, la zona de reserva amb major biomassa s'estimà al Codolar d'Estells amb $13,2 \text{ kg}/250\text{m}^2$, en front d'un màxim de $18,6 \text{ kg}/250\text{m}^2$ a la zona d'ús moderat de l'Imperial; i de tan sols $4,6 \text{ kg}/250\text{m}^2$ al lloc més ric de les zones control (Peguera, Andratx-Mallorca) (Fig. 6a). En l'estrat profund s'obtingueren valors màxims en els mateixos llocs de Cabrera: $35,5 \text{ kg}/250\text{m}^2$ a la zona de reserva de Codolar d'Estells, $47,1 \text{ kg}/250\text{m}^2$ a la zona d'ús moderat de l'Imperial i $12,4 \text{ kg}/250\text{m}^2$ a l'illa del Toro (Calvià-Mallorca) abans que fos declarada reserva marina (Fig. 6b).

DISCUSSIÓ

ELS PROTAGONISTES: LA ICTIOFAUNA

Aquest és un treball d'ecologia que pretén descriure les pautes de variació espacio-temporals dels peixos dels fons rocosos de Cabrera i relacionar-les amb la gestió. Abans però, no es pot obviar que un quart de segle des de la darrera caracterització ictiològica de l'arxipèlag (Riera *et al.*, 1993) constitueix un temps significatiu per fer una revisió prèvia de qui hi està i de qui no hi està, per tal de conèixer els protagonistes reals del relat amb nom i llinatges.

En principi cal dir que 73 espècies de peixos resulta una xifra elevada si la comparem amb treballs que empraren la mateixa metodologia, els censos visuals, tal com els de Garcia-Rubies (1993) i Reñones *et al.* (1997), que enregistraren 46 i 48 espècies respectivament en aigües del parc. I també resulta una xifra elevada si la comparem amb altres reserves de l'entorn geogràfic proper de la Mediterrània occidental: 66 espècies a la reserva marina dels Freus d'Eivissa i Formentera (Garcia-Rubies i Coll, 2004a), 60 al Nord de Menorca (Garcia-Rubies i Coll, 2004b), 43 espècies a Tabarca (Alacant) (Bayle-Sempere, 1999), 36 espècies a les Illes Columbrets (García-Charton *et al.*, 2004) o 43 espècies a les Illes Medes (Garcia-Rubies i Zabala, 1990). Aquesta elevada riquesa a Cabrera respon bàsicament al major nombre de mostres obtingudes en els 25 anys que comprèn aquest estudi, però que tot i així és a destacar degut a la seva restricció absoluta als fons infralitorals, en front de les descripcions infra i circalitorals de la majoria de treballs citats abans.

La riquesa d'espècies acumulada no és el millor indicador per parlar dels efectes de la protecció, doncs *per se* no fa referència a cap distribució espacial o temporal, a cap freqüència d'aparició o relació de raresa, que seran comentades sens falta en tractar aspectes quantitius. De fet, gairebé totes les espècies que podien tenir una resposta en front de la protecció, degut a la seva vulnerabilitat, ja apareixien als llistats dels primers treballs quantitius realitzats al parc (Garcia-Rubies, 1993; Reñones *et al.*, 1997). Una excepció a aquesta afirmació la poden constituir els espàrids *Diplodus cervinus* i *Pagrus pagrus*, el morenot *Gymnothorax unicolor*, i els grans serrànids *Mycteroperca rubra* i *Epinephelus caninus*, que no apareixien als llistats dels primers estudis mitjançant censos visuals i sí en el present. Però de nou, cal no perdre de vista l'efecte de la mida de mostra en aquest context faunístic.

Per altra banda, 73 espècies resulta una xifra menor si la comparem amb un treball genuïnament d'ictiofauna com el de Riera *et al.* (1993), que llistava 218 espècies litorals i de plataforma mitjançant diferents mètodes, des de l'observació directa i les cites antigues fins a la pesca. Tot i el diferent objectiu del treball de Riera i col·laboradors i el present, en els 25 anys transcorreguts des de llavors s'han produït alguns canvis que val la pena comentar.

En primer lloc, podem estar segurs que el tord (*Symphodus melops*) i el gripau (*Ctenolabrus rupestris*) no existeixen a Cabrera. Es tracta de dues espècies d'aigües atlàntiques, presents també al nord de la Mediterrània però absents actualment al conjunt de les Illes Balears, malgrat l'existència de cites antigues d'ambdues (Riera *et al.*, 1993; Grau *et al.*, 2015). Riera *et al.* (1993) ja indicaren que ells no les havien observat personalment a Cabrera, però recolliren cites antigues de la seva presència. Si alguna vegada van realment existir, la seva desaparició seria una conseqüència clara de

l'escalfament global i la tropicalització de la Mediterrània (Kersting, 2016). Certament, el gripau encara hi sovinteja al litoral català; i el tord hi era present com a mínim fins fa una dècada, tot i que de forma escassa (Zabala *et al.*, 2005). Això dóna versemblança a les cites antigues de Cabrera i la resta de les illes Balears, però en les immersions realitzades a Cabrera en el darrers 30 anys no s'ha pogut observar cap de les dues (Riera *et al.*, 1993; Garcia-Rubiés 1993; Reñones *et al.*, 1997; García-Charton *et al.*, 2004; Cardona obs pers.), fet que fa pensar en la seva extinció local i també regional.

També sabem que totes les cites de corbina (*Argyrosomus regius*) són en realitat fruit de la confusió entre els noms popular d'aquesta espècie i el de l'escorball (*Sciaena umbra*). Mentre l'escorball és una espècie freqüent a Cabrera, la corbina mai hi hauria format part de la ictiofauna de l'arxipèlag, tot i que no es pot descartar la presència de divagants quan l'espècie encara es reproduïa a la desembocadura del riu Ebre, com en alguns punts de Mallorca (Grau *et al.*, 2015a).

Pel que fa a les espècies presents a Cabrera i no incloses al llistat de Riera *et al.* (1993), en podem estar segurs de la presència de vuit. La primera és el cabot d'Steinitz (*Gammogobius steinitzi*) un peixet cavernícola descobert per la ciència l'any 1971 i observat recentment en algunes coves de l'arxipèlag (Grau *et al.*, 2015a). La presència d'altres espècies de cabots cavernícoles a Cabrera, concretament *Corcyrogobius liechtensteini* i *Didogobius splechnai*, van ser assenyalades per Bussotti *et al.* (2015) a les Illes Balears i la seva presència a Cabrera confirmada per Díaz *et al.* (2018), juntament amb *Thorogobius ephippiatus*. La cinquena espècie clarament present a Cabrera i no inclosa a Riera *et al.* (1993) és *Gobius xanthocephalus* (Cardona, observació personal). Es tracta d'un altre cabot, aquest freqüent als fons de roca infralitorals de Cabrera i de totes les illes Balears, però tradicionalment confós amb *Gobius bucchichi*, i per aquest motiu no descrit científicament fins l'any 1992. La sisena espècie present sense cap mena de dubte és l'espècie *Sphyræna viridensis*. Certament, la presència d'espets a Cabrera estava àmpliament documentada, però es pensava que es tractava només de l'espècie *Sphyræna sphyraena* (Riera *et al.*, 1993) com a la resta de la Mediterrània occidental (Massutí *et al.*, 2001). Ara sabem que *S. viridensis* és en realitat l'espècie més abundant no tan sols a Cabrera, sinó al conjunt de les Illes Balears. Per tant, aquestes sis espècies han estat presents a Cabrera segurament des de fa dècades i la seva addició al catàleg de la ictiofauna de l'arxipèlag és el resultat de la millora del nostre coneixement taxonòmic i no de cap canvi faunístic.

No ha passat el mateix amb la setena i vuitena espècies noves per a Cabrera, ambdues formes subtropicals que han colonitzat l'arxipèlag durant les darreres dècades, com ja va passar amb el roncador (*Pomadasys incisus*) (Riera *et al.*, 1993). *Parablennius pilicornis* és una rabosa pròpia de l'Atlàntic subtropical, observada a les Illes Balears per primera vegada a Eivissa (Patzner, 1985) a la dècada de 1980 i que al 1995 ja ocupava totes les illes Balears (Cardona i Elices, 2000). Quelcom semblant va passar amb l'escòrpora de penyal (*Scorpaena maderensis*), observada per primera vegada a les Illes Balears a començaments de la dècada de 1990 (Riera *et al.*, 1995) i actualment l'escorpènid més abundant als ambients esciàfils de l'infralitoral rocós de Cabrera i de la resta de les illes Balears. L'expansió d'ambdues espècies seria fruit de l'increment de la temperatura superficial (Riera *et al.*, 1995).

Un cas diferent és el de *Trypterygion tartessicum*. La seva presència ja era coneguda, tant a Cabrera com a la resta de les illes Balears, però sota el nom *Trypterygion tripteronotus*. Noves dades genètiques i morfològiques indiquen que en realitat aquesta espècie seria pròpia de la vorera septentrional de la Mediterrània i que les illes Balears, el litoral ibèric al sud del Cap de la Nao i el Magrib, estarien habitats per *T. tartessicum* (Carreras-Carbonell *et al.*, 2007). La influència dels girs anticiclònics del mar d'Alboran es fan patents a Cabrera, i amb ells la presència ocasional d'espècies marcadament meridionals com el serrà mascle (*Serranus atricauda*) (Riera *et al.*, 1993; Grau *et al.*, 2015b, i el present estudi), el lloro verd (*Sparisoma cretense*) (Riera *et al.*, 1993; Reñones *et al.*, obs pers.) i donzelles (*Coris julis*) amb lliurea atlàntica (Martino i Grau, 2010).

Fets aquests aclariments, podem dir que la conclusió de Riera *et al.*, (1993), segons la qual la ictiofauna litoral de Cabrera no difereix de la present al conjunt de les illes Balears segueix essent vàlida. La ictiofauna de l'arxipèlag es caracteritza per l'escassetat d'espècies d'afinitats nord-atlàniques i la presència d'espècies atlàniques d'afinitats subtropicals.

COM S'ORGANITZEN LES ESPÈCIES EN L'ESPAI I EN EL TEMPS

Quan trobam un grup d'espècies que normalment apareixen juntes i es diferencien d'un altre grup que està constituït per altres espècies o en diferent relació d'abundància, parlam de poblaments diferents. Es diu planerament però el fet de trobar un poblament característic de Cabrera és segurament la consecució d'uns dels objectius pels quals va ser creat el parc: recuperar les poblacions de peixos malmesos per la pesca (Camps *et al.*, 1986), i això de per si és ja un èxit. En el lèxic científic anomenam com a multivariant al conjunt d'espècies que varien o covarien en funció de diferents gradients hipotèticament causals. Cada espècie és una variable de resposta (dependent) en aquest espai de gradients (nivell de gestió, fondària, anys) que han constituït les variables independents o explicatives, causals, en aquest estudi. Constitueix, com s'ha dit, un èxit, que siguin les espècies vulnerables a la pesca les que caracteritzen els poblaments de Cabrera: la variada (*D. vulgaris*), la càntera (*S. cantharus*), el déntol (*D. dentex*), la morruda (*D. puntazzo*), els grans làbrids (*L. merula*, *L. viridis*), el serrà (*S. cabrilla*), l'anfós (*E. marginatus*) i l'anfós llis (*E. costae*). Un conjunt d'espècies que es troben molt per davall de la seva biomassa màxima teòrica al conjunt de les Balears, i que en la majoria de casos es troben plenament explotades, sobreexplotades o col·lapsades (<10% de la biomassa verge teòrica) (Coll *et al.*, 2004, 2013; Quetglas *et al.*, 2016).

El fet que parlem de poblaments en plural és perquè fins i tot en el reduït espai vertical de 35 metres, els factors associats a la fondària (llum, hidrodinamisme, estructura dels hàbitats bentònics) produeixen canvis en la composició i abundància dels grups d'espècies. Aleshores, tenim dos poblaments de peixos infralitorals a Cabrera, un de superficial i un de profund, que es diferencien dels poblaments de Mallorca, també superficial i profund, per l'abundància, freqüència d'aparició i mida d'espècies que són vulnerables a la pesca. Independent de la pressió pesquera, però relacionat amb la fondària, amb la verticalitat dels penya-segats submarins i amb la proximitat de fons coral·lígens, destaca a Cabrera la presència infralitoral de la forcadella (*Anthias anthias*), una espècie rara de trobar a menys de 30 m a les costes balears, fet posat de manifest ja en l'estudi de García-Charton *et al.* (2004).

Els poblaments rics en espècies vulnerables, tant en abundància com en biomassa, conformen un resultat que respon plenament a l'enunciat de "l'efecte reserva", que descriu senzillament l'increment en l'abundància, talla i biomassa de certes espècies, normalment les més cobejades per la pesca, dins una àrea protegida (García-Rubies i Zabala, 1990; Roberts i Polunin, 1991; Lester *et al.*, 2009, entre molts d'altres). Però els resultats de l'anàlisi ens parlen també dels efectes dels anys concrets, dibuixant una situació "òptima" en torn dels anys 1998 i 2000, quan la freqüència i abundància de les espècies més vulnerables fou major, i una situació no tan satisfactòria en els anys 2004 i 2006 que semblen tirar enrere la feina feta. Però si bé l'anàlisi multivariant ens dibuixa una al·legoria del paradís Cabrera, ja sigui en anys concrets, conèixer la magnitud dels efectes de la protecció necessita simplificar l'objecte de mesura, passar de descripcions amb moltes espècies a indicadors senzills, ja siguin sintètics, com a integració de totes les espècies o grups d'espècies, o espècie per espècie.

LA MAGNITUD DELS CANVIS

No tots els indicadors responen d'igual forma a la protecció. Unes espècies estan directament afectades per la reducció i/o prohibició de la pesca i altres no; o fins i tot la protecció les pot afectar negativament de forma indirecta (increment de depredació, competència pels recursos i l'hàbitat, etc...) (McClanahan *et al.*, 2007; Babcock *et al.*, 2010). De la mateixa manera que solen donar resultats diferents l'anàlisi de l'abundància o de la biomassa; molt influenciats respectivament per l'èxit del reclutament anual i per l'estructura de talles de les poblacions, afectades en el seu marge dret (talles grosses) per la pesca (Caddy i Seijo, 2005; Colloca *et al.*, 2013).

És per aquest motiu que en tractar la magnitud dels canvis, l'aproximació genuïnament ecològica, tractant tot el poblament, ofereix un panorama; i tractant les espècies directament afectades per la pesca en pot matisar els resultats generals.

Enfocant l'atenció en el poblament, els indicadors de riquesa, abundància total, pes mitjà i biomassa total han estat superiors dins Cabrera respecte a les zones control, resultat que recolza l'existència de poblaments de peixos "de Cabrera" també en termes de major maduresa i complexitat, tal com evolucionaria la successió d'un ecosistema després d'una pertorbació (Odum, 1969; Sandin i Sala, 2012). Tot i que aquests resultats són positius, són també una instantània que integra un procés temporal amb les seves variacions. La majoria d'indicadors presenten una resposta d'increment en els primers 7-9 anys i una minva posterior fins els darrers anys de mostreig. El fet de trobar tendències semblants a Cabrera i a Mallorca, encara que amb valors ben diferents, ens duu a pensar en l'existència de processos ecològics independents que se solapen. La interpretació de la causa-efecte aquí és totalment inductiva (de l'efecte a la causa), doncs la manca d'un seguiment integrat dels peixos i de variables oceanogràfiques en els llocs d'estudi no ens permet descriure-ho a mode probatori. Tot i això, els processos que poden intervenir són pocs i ben definits a la literatura científica.

En aquest sentit, cal fixar-se en l'evolució temporal dels nivells tròfics (Fig. 4). Per una banda minven els carnívors tant a Cabrera com a Mallorca des de 1998-2000 endavant, observant-se, a mode d'exemple, caigudes d'entre el 60% i el 85% en la densitat de donzella (*C. julis*), fadrí (*T. pavo*) i variada (*D. vulgaris*), mentre que, per l'altra, el pes mitjà de tot el poblament presenta tendències estables o creixents en els diferents casos (Fig. 3c). Així, entrarien en joc processos oceanogràfics d'escala regional que afectarien l'assentament, amb una minva de juvenils que aporten molt en abundància i poc en pes (veure Fontes *et al.*, (2016) per a la relació entre l'assentament de *C. julis* i la clorofil·la fitoplanctònica, i Basterretxea *et al.*, 2010). I també de forma anàloga, l'increment i el manteniment de la biomassa dels depredadors apicals a Cabrera, almenys en fondària, pot haver afectat espècies de menor nivell tròfic a través de la depredació, sense descartar una competència dins el mateix nivell tròfic en què els peixos més grossos dominarien el poblament però en menor densitat.

En el cas de les espècies vulnerables a la pesca, els resultats de la protecció es fan més obvis. I es fa òbvia també que la causalitat de les diferències observades entre Cabrera i Mallorca no prové d'una suposada diferència d'hàbitat (El Toro, Malgrats i Sa Dragonera són controls totalment comparables als fons cabrerencs i amb un potencial elevat, tal com s'ha demostrat després de la seva protecció) doncs hi ha un patró creixent des de situacions "pobres" de biomassa en els anys 1993, 1995 i 1996 cap a valors significativament majors el 1998 i en davant, quan el parc supera els 7 anys d'existència. La biomassa d'aquestes espècies vulnerables a la pesca ha estat superior sempre a més de 15 m respecte als hàbitats més soms, normalment entre 2 i 4 vegades superior, la qual cosa indica que els peixos necessiten hàbitats profunds propers a les zones de reclutament per tal de desenvolupar-se i créixer, podent mostrar així tot el seu potencial.

La recuperació de les espècies vulnerables mostra patrons estables dins algunes zones, on sembla fins i tot haver-se arribat a una capacitat de càrrega determinada (estrat superficial d'Estells i Illots, i estrat profund de Rates/Coll Roig) (Fig. 5). En els altres casos, la biomassa presenta un creixement inicial fort i estabilització amb minva posterior. Aquest patró s'ha descrit anteriorment a altres reserves marines (Barret *et al.*, 2007; McClanahan *et al.*, 2007) i pot respondre tant als processos de depredació i competència esmentats abans per a tot el poblament, com a una major mortalitat per pesca. Ja Reñones *et al.* (2004) van descriure que els *métiers* de la flota d'arts menors que opera a Cabrera no s'havien adaptat a l'increment d'un recurs nou (depredadors apicals demersals) abans de 2001. Aquest any és per tant un punt d'inflexió en els usos pesquers, fet posat de manifest també a diferents treballs que confirmen canvis rellevants en els nivells reals d'esforç, en la seva distribució espacial i, com s'ha dit abans, en els tipus de *métier*, que consistí en un major ús del palangró dirigit a peixos de fons (Planes, 2005; Álvarez-Berastegui *et al.*, 2004; Amengual *et al.*, 2007).

El PNMTAC constitueix per tant un sistema socioecològic relativament complex on la tradició pesquera continua exercint un efecte important (Amengual *et al.*, 2007). La conjugació de la pesca professional d'arts menors amb els objectius de conservació obre noves qüestions d'interès.

ÉS CABRERA UNA REFERÈNCIA DE L'ESTAT DE CONSERVACIÓ ÒPTIM?

Si bé hem esmentat abans el concepte de “capacitat de càrrega”, hem de pensar que aquest tan sols pot donar-se en un sistema sense pesca. Dels llocs d'on disposam de sèries temporals més llargues (Fig. 5), tan sols els Estells i la zona de Coll Roig/Rates es troben a zones de reserva. En els altres llocs es pot pescar a partir de 20 m de fondària, la qual cosa deixa gran part de l'infralitoral exposat a l'extracció de biomassa.

Tant si consideram tot el poblament com només les espècies vulnerables a la pesca, el temps transcorregut des de la declaració del parc és suficient i es troba dins l'interval descrit per a recuperacions ràpides a aigües somes (Côté *et al.*, 2001; Halpern i Warner, 2002; Coll *et al.*, 2012) i fins i tot també dins situacions de recuperació total en períodes més llargs (10-35 anys) per a espècies concretes, com els descrits tant a la Mediterrània (Garcia-Rubies *et al.*, 2013) com en mar tropicals (McClanahan, 2000; McClanahan *et al.*, 2007, 2009).

L'evolució de la biomassa d'espècies demersals vulnerables, tant en el lloc superficial d'Estells com en el profund de Rates/Coll Roig, s'ajusta bé a una funció amb paràmetres asimptòtics (K) com la logística (Taula III). També el lloc superficial de Coll Roig, que mostra una tendència d'increment i minva posterior, s'ajusta millor a un patró asimptòtic que no pas a patrons polinòmics. Les referències de què disposam a les Illes Balears són sobretot d'aigües somes i, en aquest context, les dades dels Estells presenten una K relativament baixa (7,0 kg/250 m²), gairebé idèntica a l'observada a Espardelló (6,9 kg/250 m²) (reserva integral de la reserva marina dels Freus d'Eivissa i Formentera) després de 8 anys de protecció, i que seria superada al cap dels 16 anys de protecció en més d'un 100%, relativitzant l'estabilitat d'aquesta situació en un lloc considerat com a *hot spot* (Coll *et al.*, 2016).

Taula III. Variància explicada (R²), significança de la regressió i paràmetres de la funció logística segons Kaufman (1981): $B = K \cdot [1 + e^{-r(T+t_0)}]^{-1}$, polinomi de 2n grau ($B = a \cdot T^2 + b \cdot T + c$) i 3er grau ($B = a \cdot T^3 + b \cdot T^2 + c \cdot T + d$). B= biomassa d'espècies vulnerables, K= biomassa màxima o capacitat de càrrega, T= temps de protecció, e= Euler, r: taxa intrínseca de creixement, t₀= temps teòric en què la biomassa del sistema seria zero). ***: p < 0,01, **: p < 0,025; *: p < 0,05; ns: no significant.

Lloc	Fondària	Logística best-fit	Polinomi 2n	Polinomi 3er
Estells	< 15 m	R ² = 0,701 *** K= 8,09±1,0 ** r= 0,66 ns t ₀ = -2,23 ns	-	-
Coll Roig/Rates	< 15 m	R ² = 0,582 * K= 11,67±1,0 ** r= 6,4 ns t ₀ = -5,3 ns	R ² = 0,216 ns a= -0,05 ns b= 1,63 ns c= -0,89 ns	R ² = 0,574 ns a: 0.009 ns b: -0.73 ns c: 8.75 ns d: -18.7 ns
Coll Roig/Rates	> 15 m	R ² = 0,985 *** K= 21,3±1,0 ** r= 8,9 ns t ₀ = -5,0 ns	-	-

Prenent com a indicador tot el poblament de peixos en un estudi d'ampli abast geogràfic (de Gibraltar a Turquia) entre 8 i 12 m de fondària, Sala *et al.* (2012) situen Cabrera en el lloc vuitè d'un conjunt de 14 reserves marines amb diferents edats i graus de protecció. Aquests autors estableixen que el llinar de biomassa de 40 g/m² separaria els poblaments de peixos madurs, ben estructurats i amb bona salut, d'altres amb pitjor estat. Cabrera presentà en l'estudi de Sala *et al.* (2012): 30 g/m² de peixos (veure també Ballesteros *et al.*, 2020, en el present volum), i no entraria, segons ells mateixos, en el grup d'AMPs “*top*” de la Mediterrània.

La biomassa mitjana del poblament en tota la sèrie temporal del present estudi (veure Fig. 3d) se situa en els $13,5 \pm 1,8 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ que equivalen a $54 \text{ g}/\text{m}^2$ i oferiria un millor panorama si acceptam el llindar dels $40 \text{ g}/\text{m}^2$. Però la presa de dades de Sala *et al.* (2012) tingué lloc entre 2007 i 2008, que com hem comentat se situa en un període de “perfil baix”, ja esmentat amb altres indicadors, a l'infralitoral superior cabrerenc. Prenent la biomassa mitjana més propera a l'estudi de Sala *et al.* (2012), que seria la de 2006, els resultats coincideixen: $7,2 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ que equivalen a $28,8 \text{ g}/\text{m}^2$ ($\approx 30 \text{ g}/\text{m}^2$). La “referència Cabrera” sembla així desfer-se'ns a les mans en voler fixar-la, i cal explorar altres perspectives.

CANVIANT LES LÍNIES DE REFERÈNCIA

L'ús de reserves marines com a eines de conservació i gestió pesquera aconsegueix ja un període llarg de temps arreu del món i hi ha molts autors que han tractat el concepte de capacitat de càrrega, sovint també sota altres enunciats, com el de biomassa prístina, biomassa verge, comunitat clímax o situacions d'equilibri (McClanahan *et al.*, 2007; Kingsford, 2009; Babcock *et al.*, 2010; Coll *et al.*, 2012; Sandín i Sala, 2012; Garcia-Rubies *et al.*, 2014); però la realitat és que quan els biòlegs començaren a descriure els ecosistemes marins aquests ja estaven profundament impactats per l'home (Jackson, 1997; Pauly *et al.*, 1998; Roberts, 2007). En el cas que ens ocupa podríem pensar com serien els poblaments de peixos infralitorals a Cabrera si les altra hora saludables poblacions de vell marí (*Monachus monachus*), el solraig (*Carcharodon carcharias*), el ca marí (*Galeorhinus galeus*), les llunades (*Sphyrna* spp.), les tortugues (*Caretta caretta*), i grans peixos vinguts a menys com la tonyina (*Thunnus thynnus*) o la cirviola (*Seriola dumerili*) (Morey, *et al.*, 2003; Sala, 2004; Grau *et al.*, 2015a) foren encara abundants a Cabrera. Sala (2004), conscient de les peces que manquen al puzzle “climàtic” i en conseqüència dels resultats de les reserves marines amb més èxit a la Mediterrània, situà els grans serrànids com la peça substituïda en els nivells tròfics més elevats d'un passat en gran mesura inassolible.

No podem oblidar que en la dècada dels 80 i 90 era certament difícil observar grans serrànids adults a menys de 25 m de fondària a gran part del litoral balear (Coll *et al.*, 1999, 2004). El Parc Nacional de Cabrera representà en aquest sentit poder guaitar al menys 40 anys enrere, si ens centram en els relats dels pescadors vells i també en les dades (Coll *et al.*, 2004). L'anfós (*Epinephelus marginatus*), l'anfós llis (*Epinephelus costae*), el gitano (*Mycteroperca rubra*) i, en menor mesura, els juvenils de xerna (*Epinephelus caninus*) són ara molt presents i fins i tot característics de les aigües de Cabrera. Aquests serien segons Sala (2004) els depredadors apicals demersals que més influència tindrien en l'estructuració de les xarxes tròfiques i en l'acumulació d'energia i biomassa, amb un paper preponderant de l'espècie més comuna: l'anfós (*Epinephelus marginatus*). Un fet també constatat al Parc Nacional de Port Cros (França) mitjançant observació directa i models tròfics (Valls *et al.*, 2012). L'abundància i l'elevada biomassa d'anfós seria així un símptoma de bona salut en el nostre infralitoral rocós, tot essent conscients de caure en l'autosuggeriment de canviar les línies de referència històriques (“shifting the base lines” tal com descriviren Pauly *et al.* en 1998).

Les característiques infralitorals de l'anfós les descriviren bé a Cabrera Reñones *et al.* (2012) i Álvarez-Berastegui *et al.* (2018), mostrant-nos un òptim de fondària sobre els 25 m per als anfosos adults (>50 cm) i de 17 m per als anfosos joves. L'anfós representa un alt percentatge de la biomassa dels poblaments de peixos a Cabrera (26%) assolint el seu màxim entre els anys 1998 i 2006, tal com mostren els gràfics anuals dels diferents nivells tròfics dins el grup de depredadors apicals demersals (Fig. 4b). També a les figures 7 i 8 es poden observar, per una banda, la resposta positiva d'aquesta espècie des de 1998 en comparació a les costes de Mallorca i, per altra, la seva distribució espacial en el parc nacional (extret de Reñones *et al.*, 2012). Si pensam que l'hàbitat òptim per als anfosos està cap als 25 m, gran part del seu hàbitat es troba obert a la pesca a Cabrera. La captura mitjana anual d'anfós a Cabrera se situa en torn dels 1.200 kg/any declarats, tan sols segons les dades de la confraria de la Colònia de Sant Jordi (Direcció General de Pesca 2002-2016). I l'esforç de palangre a la majoria de llocs d'ús moderat estudiats ha arribat a concentrar més de 2.000 hams/Km²-any (Álvarez-Berastegui *et al.*, 2018). L'evolució de la biomassa profunda d'Estells podria respondre a aquesta pressió, on la biomassa mitjana d'anfós caigué en un 93% entre el màxim de 1998 i els anys 2004 i 2006. Les mostres de 2016 no es varen incloure en l'anàlisi degut a la baixa

replicació però els resultats foren gairebé idèntics als observats el 2004 i 2006 (entre 1 i 3 kg/250 m² en front dels 29 i 21 kg/250 m² entre 1998 i 2000).

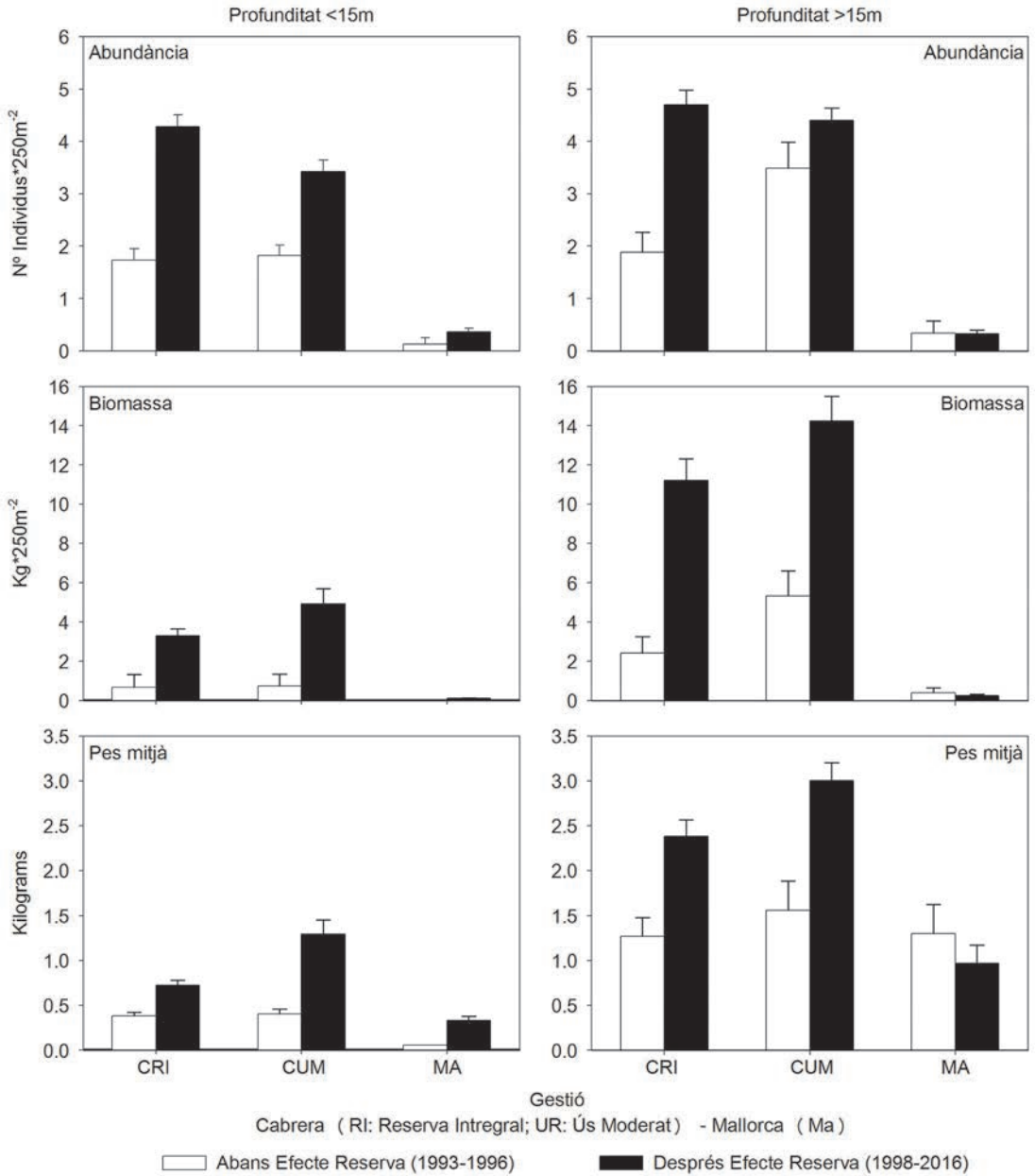


Figura 7. Abundància (individus/250 m²), biomassa mitjana (kg/250 m²) i pes mitjà (g) d'anfós (*Epinephelus marginatus*) entre diferents nivells de gestió (CRI: Cabrera reserva integral, CUM: Cabrera ús moderat i MA: controls de Mallorca) a <15 m i >15 m de fondària.

Densitat d'adults

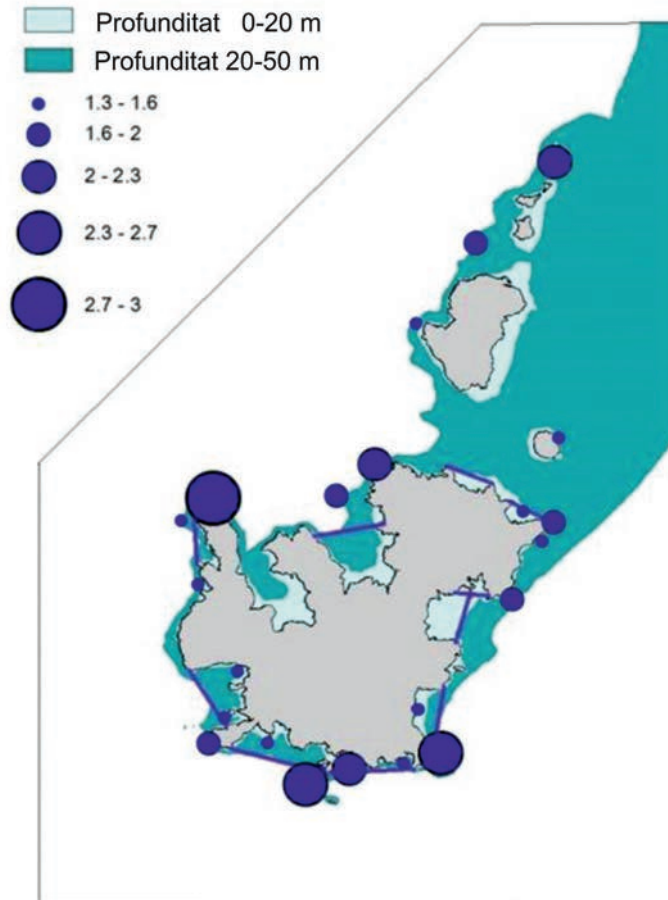


Figura 8. Distribució espacial de l'anfós (*Epinephelus marginatus*) al Parc Nacional Maritim-Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera. Dades de juny-juliol de 2008. Extret de Reñones *et al.*, (2012).

No podem deixar de tenir en compte al respecte, la epizoòtia que afectà de forma important l'anfós a Cabrera; una malaltia vírica que ataca mortalment el seu sistema nerviós (Grau *et al.*, 2015a). Molts anfossos, no sabem quants, aparegueren surant, terminals o morts en un període de temps un tant incert però que amb molta probabilitat abastà des del 2011 fins el 2016. I és clar que el contagi per contacte que necessita aquest virus és veu afavorit quan la població és gran. Això sens dubte tingué repercussions en les poblacions tot i no haver influït en els resultats de la major part de la sèrie estudiada (1993-2006), la qual cosa reforça els aspectes de canvi en els *métiers* i d'increment d'esforç pesquer ja esmentats.

Per tant, tot i l'èxit de Cabrera en formar un poblament propi, ric en espècies d'interès pesquer, establir el parc com a referència o model de comparació amb altres localitats presenta ara massa condicionants. Hi ha variacions, com acabam de veure, temporals, i també espacials. Si bé hi hagué una exuberància de diversitat, abundància i biomassa entre 7 i 9 anys després de la declaració del parc, la situació posterior ha resultat més pobre i s'obre la qüestió de quan i a on agafar la referència de Cabrera com a model.

LA VARIACIÓ A PETITA ESCALA ESPACIAL. L'UNIVERS CABRERA

Podríem convenir que el període de referència ha d'haver donat temps a la recuperació de les poblacions més malmeses per la pesca, la qual cosa situaria el cas que ens ocupa a partir del setè any de protecció (1998). Tot i no disposar en l'actualitat d'un sistema de zones de reserva que abasti hàbitats litorals profunds, convenir el lloc de comparació seria compromès, i emprar un valor mitjà de biomassa quan hi ha variacions de més del 100% entre llocs situats a menys d'un kilòmetre és simplificar massa el que ens presenta Cabrera. A la Fig. 6 es pot observar aquesta gran variabilitat a escala local (entre cents i milers de metres) en front de la homogeneïtzació que la pesca ha produït a Mallorca. Ja s'ha comentat en aquest article que el nivell de protecció per si sol no explica les diferències entre, per exemple, les zones d'ús moderat de l'Imperial o els Illots del nord de Cabrera ($> 30 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ a $>15 \text{ m}$) respecte a la zona de reserva del Codolar de l'Imperial ($< 5 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ a $> 15\text{m}$).

García-Charton *et al.* (2004) ja postularen que la distribució dels peixos litorals a la Mediterrània és irregular, a taques d'escala de cents de metres, comprovades per ells mateixos a Cabrera, i on entrarien en joc aspectes físics de la complexitat de l'hàbitat (e.g. rugositat, presència de blocs rocosos, etc.), fins a escales de cents de kilòmetres (e.g. entre diferents regions geogràfiques: Cabo de Gata, Illes Columbrets, Cabrera). L'explicació que donen aquests autors per entendre les diferències regionals ens poden fer llum per explicar l'univers de situacions a Cabrera. A mode il·lustratiu, les diferències en biomassa d'espècies vulnerables, extretes del treball citat, eren de $32,4 \text{ g}/\text{m}^2$ a la reserva marina de Cabo de Gata (Almeria), $103,6 \text{ g}/\text{m}^2$ a les Illes Columbrets (Castelló), i de $27,6 \text{ g}/\text{m}^2$ al Parc Nacional de Cabrera. García-Charton *et al.* (2004) conclouen que hi ha factors hidrogràfics relacionats sobretot amb la producció fitoplanctònica, que se superposen als efectes de la protecció. En un ambient oligotròfic com l'arxipèlag de Cabrera (Zabala i Ballesteros, 1989), on la producció primària algal és de $3.949 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{any}$, i amb una eficiència del 10% en la conversió de biomassa entre nivells tròfics (Pauly i Christensen, 1995), no es pot explicar la biomassa de peixos carnívors i depredadors apicals de llocs com per exemple l'Imperial ($74\text{-}113 \text{ g}/\text{m}^2$) (dades de producció primària segons Ballesteros (1989) per a comunitats equivalents i conversió de g C a biomassa humida segons Atkinson i Grigg (1984)). Així, tan sols les condicions que afavoreixin una major capacitat d'explotació de l'energia i biomassa del medi pelàgic, poden explicar l'existència de punts calents o *hot spots* de biomassa de peixos.

En un estudi recent, Reñones *et al.* (2012) observaren com l'exposició de 26 llocs a l'arxipèlag de Cabrera estava altament correlacionada ($R= 0,74$) amb l'hidrodinamisme generat pels corrents locals, mesurat amb fluxòmetres, la qual cosa explica que molts caps i illots exposats tinguin una major energia exosomàtica (Margalef, 1993) i també una disponibilitat major de nutrients i d'aliment en la columna d'aigua. Posteriorment, Coll *et al.* (2013) afegien que era la combinació de l'exposició, la rugositat a petita escala, el pendent cap aigües obertes, i l'existència de fronteres d'hàbitat ben definides, el que possibilitava biomasses de peixos majors (veure també Edgar *et al.* 2014 sobre els efectes de l'aïllament). De fet, sempre que s'han avaluat els compartiments tròfics litorals mitjançant models tròfics (e.g. Ecopath), la biomassa de grans depredadors demersals no s'explicava sense l'aportació externa d'aliment, via plàncton, peixos planctòfags i cefalòpodes (McClanahan i Sala, 1997; Valls *et al.*, 2012; veure també Pinnegar, 2018). Els llocs que per raons físiques no reben aquesta aportació pateixen un vertader coll d'ampolla (sensu Caddy, 2011) per albergar poblacions exuberants de peixos. En contraposició, o complementant els *hot spots*, aquests llocs conformen el retrat a taques de Cabrera. A la Fig. 9 es pot observar com aquest retrat desigual s'ajusta també a una escala balear, on les majors biomasses s'obtenen a illots total o parcialment protegits respecte a zones situades a costa que, tot i estar igualment protegides, no tenen una exposició suficient ni connexió amb aigües profundes.

L'univers Cabrera, per tant, presenta produccions de peixos diferents en funció del grau d'exposició i de la proximitat d'hàbitats profunds amb una àmplia columna d'aigua, casos de l'Imperial, Illots, Conillera i altres. L'expressió d'aquest potencial tan sols és possible amb la protecció total o parcial, doncs la pesca sense control prèvia a la declaració del parc havia igualat aquests escenaris (Camps *et al.*, 1986; Garcia-Rubies, 1993; Coll obs. pers.) com ocorre amb l'homogeneïtat de biomassa que presenten les zones control estudiades a Mallorca.

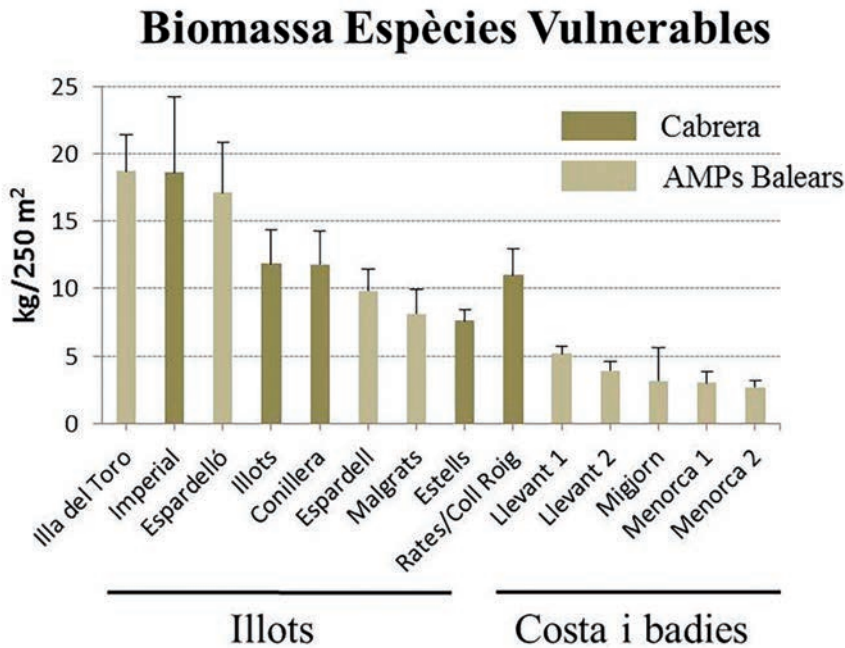


Figura 9. Biomassa mitjana (kg/250 m²) d'espècies demersals vulnerables a la pesca. Les dades de Cabrera apareixen en to més fosc i es corresponen amb les mitjanes a partir de 1998, quan l'efecte reserva havia estat màxim. Les altres dades es corresponen amb reserves marines de pesca obtingudes entre 2010 i 2017, quan totes tenien al menys 8 anys des de la seva declaració. Illa del Toro: Reserva marina de l'Illa del Toro. Espardelló i Espardell: reserva integral de la Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Malgrats: Reserva Marina de les Illes Malgrats. Llevant 1 i 2: reserva integral de la Reserva Marina de Llevant/Cala Ratjada. Menorca 1 i 2: reserva integral de la Reserva Marina del Nord de Menorca.

EL FUTUR

La visió que tenim ara del Parc Nacional, amb la perspectiva dels 25 anys transcorreguts des de la seva creació, i amb la informació que ens han brindat els peixos, ens legitima per expressar 4 aspectes importants que millorarien la qualitat d'aquest espai protegit si l'objectiu final és que Cabrera sigui realment un lloc de referència de conservació dels ecosistemes litorals de la Mediterrània.

El manteniment d'usos tradicionals com la pesca d'arts menors (l'encerclament no és un art menor) és una opció vàlida de gestió, com ho és el disposar de zones concretes que pels seus valors naturals o funcionalitat dins l'ecosistema siguin reserves sense pesca. Però resulta necessari revisar la ubicació actual d'aquestes zones de reserva, doncs entre les actuals hi ha un dèficit molt gran de llocs que presentin les característiques que hem descrit aquí per ser punts calents de biomassa i diversitat: els caps i illots exposats amb connexió amb aigües profundes.

La pesca afecta òbviament els poblaments de peixos. Hauria de ser d'ús públic la informació sobre allò que es captura anualment a Cabrera, un espai públic protegit. I la informació hauria de ser veraç, contrastada amb protocols de qualitat. L'experiència en l'ús del quaderns de captura diària per part de vaixells amb permís per pescar dins una àrea marina protegida, amb gens o poc control tècnic sobre les declaracions, duu a una subestima important de les captures reals (Amengual *et al.*, 2007; Coll *et al.*, 2007).

En el present article hem disposat de dades de fins a 8 projectes diferents, desenvolupats per al menys una vintena d'observadors diferents. El mètode emprat ha estat prou robust, i adaptat a les

condicions del complex escenari infralitoral, per discriminar estadísticament diferents situacions que ens informen de la diversitat i estat de conservació dels peixos. Però la manca d'un protocol comú sens dubte ha introduït una variància no desitjada, sovint no explicada, que debilita el contrast de les hipòtesis presentades. És necessari establir un seguiment dels peixos de Cabrera, de forma periòdica i sistemàtica, que compti amb un protocol clar i ben definit que permeti comparar la situació actual i futura amb les dades històriques.

El darrer punt i també molt important és aconseguir eradicar el furtivisme dins les aigües del parc. No hem introduït aquesta font de variació dels resultats en el text d'aquest article, però els mateixos autors han vingut realitzant denúncies formals al llarg dels diferents projectes: arpons i fusells trobats sobre el fons, palangres i xarxes dins zones de reserva o a fondàries prohibides, llences il·legals dins zones de reserva. Fins i tot tècnics del parc advertiren que els horaris de vigilància no s'adaptaven a les hores punta d'activitat pesquera (Amengual *et al.*, 2007). Això és un recull de casos d'un període gran, vint-i-cinc anys, i no volem dir per tant que el furtivisme sigui una norma o una activitat regular al parc, però sí una activitat il·legal que ha succeït i que no sabem fins a quin nivell. Establir un pla de vigilància amb un protocol ben definit, amb medis humans i tecnològics, urgeix en aquest Parc Nacional per fer una passa endavant. Fer-se la pregunta de quin percentatge de les 24 hores del dia, llocs com els Estells, l'Imperial, el Cap Ventós o Na Foradada, estan sota control pel personal del parc, ajudaria a enfocar un pla de furtivisme zero. La pròpia conservació d'hàbitats i espècies, la percepció pública i, sens dubte, les condicions per desenvolupar la recerca científica millorarien significativament.

AGRAÏMENTS

Volem expressar el nostre agraïment a les institucions i investigadors que ens han facilitat les dades dels diferents projectes per a la realització del treball. Concretament als Drs. B. Morales-Nin (IMEDEA), R. Goñi (COB-IEO), I. Moreno (UIB), M. Harmelin-Vivien (UM), A. Aguilar (UB) així com a A.M. Grau, cap de servei de recursos marins de la DGPM.

Al llarg dels anys han estat molts els investigadors que han col·laborat en la feina de camp, i aquí volem fer especial esment als bussejadors que han participat en els censos dels diferents projectes: S. Deudero, X. Mas, P. Merella, G. Morey, O. Navarro, M. Pozo, B. Reviriego, E. Roldan, B. Stobart i S. Steffanni; i també a les tripulacions de les embarcacions L'Aup, Arola i Na Moltona.

No ens oblidam dels gestors del parc nacional i de l'OAPN per l'interès en què els projectes es duguessin a bon terme i molt especialment a totes les persones que viuen al parc (guardes, guies, personal de manteniment, brigades antiincendis) pel seu recolzament i ajut en superar totes les dificultats que sorgeixen en el dia a dia durant les campanyes a Cabrera.

REFERÈNCIES

- Aguilar, A., Ávila, C., Borrell, A., Cardona, L., Moranta, J. i Reñones, O., 2018. Restauración de redes tróficas en espacios protegidos. ¿Es posible? Segundo informe de seguimiento. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. 25 pp.
- Álvarez-Berastegui, D., Reñones, O., Coll, J., Rueda, L., Morey, B., Navarro, O., Stobart, B., Aparicio, A i Grau A. M., 2018. Multiscale seascape habitat of necto-benthic littoral species, application to the study of the dusky grouper habitat shift throughout ontogeny. *Marine Environmental Research*, 142: 21-31.
- Amengual, J., Moreno, J., García, M., Llorente, J. i Álvarez-Berastegui, D., 2007. Managing fisheries at a National Park: the delicate balance. *In: European symposium on MPAS as a tool for fisheries management i ecosystem conservation. Emerging science and interdisciplinary approaches*. Pàg. 124.
- Atkinson, M. J i Grigg, R. W. 1984. Model of a coral reef ecosystem. II. Gross and net benthic primary production at French Frigate Shoals, Hawaii. *Coral Reefs*, 3: 13-22.
- Babcock, R. C., Shears, N. T., Alcala, A., Barret, N.S., Edgar, G. J., Lafferty, K. D., McClanahan, T. R., Russ, G. R. 2010. Decadal trends in marine reserves reveal differential rates of change in direct and indirect effects. *PNAS*. 107: 18256-18261.
- Ballesteros, E. 1989. Production of seaweeds in Northwestern Mediterranean marine communities: Its relation with environmental factors. *Scientia Marina*, 53: 357-364.

- Ballesteros, E. 1992. Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Arxius de la Secció de Ciències CI, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Ballesteros, E., Cebrián, E., Sant, N., Tomas, F., Rodríguez-Prieto, C., López-Sendino, P. i Pinedo, S. El bentos dels fons infralitorals. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A. i Terrasa, B. (eds.). Arxipèlag de Cabrera. Història Natural. Mon.Soc.Hist.Nat.Balears, 30. 215-241
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M. J., García-Rubies, A. i Turon, X. 2020. El bentos: les comunitats. In: *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Alcover, J. A., Ballesteros, E., Fornós, J. (Eds). CSIC-Edit.Moll, 687-730.
- Barret, N. S., Edgar, G. J., Buxton, C. D. i Haddon, M. 2007. Changes in fish assemblages following 10 years of protection in Tasmanian marine protected area. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 345: 141-157.
- Basterretxea, G., Jordi, A., Sabatés, A., Alvarez, I., Catalán, I., Palmer, M. i Morales-Nin, B. 2010. Influence of food availability and coastal circulation in the spawning strategies of fish species of Cabrera national park (N.W. Mediterranean). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 39.
- Bayle-Sempere, J.T. 1999. Ictiofauna de la Reserva marina de Tabarca (Alicante, Sudeste Ibérico): evaluación de las medidas de protección. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. Spain.
- Bell, J. D. 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ecology*, 20: 357-369.
- Bussotti, S., Di Franco, A., Francour, P. i Guidetti, P. 2015. Fish Assemblages of Mediterranean Marine Caves. PLoS ONE 10(4): e0122632.
- Caddy, J. F. i Seijo, J. C. 2005. This is more difficult than we thought! The responsibility of scientists, managers and stakeholders to mitigate the unsustainability of marine fisheries. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 360: 59-75.
- Caddy, J. F. 2011. *How artificial reefs could reduce the impacts of bottlenecks in reef fish productivity in natural fractal habitats*. In: Artificial reefs in fisheries management. Pàgs: 45-64. S. A. Bortone, F. P. Brandini, G. Fabi and S. Otake (eds). CRC Press. Boca Ratón. Florida.
- Camps, J., Uriz, M. J. i Ballesteros, E. 1986. Estudio preliminar del sistema bentónico de Cabrera: descripción, estado de conservación y efectos de las maniobras militares. Informe técnico del CSIC, 60 pàg.
- Cardona, L. i Elices, M. 2000. Datos sobre la presencia en el litoral de Menorca (islas Baleares, Mediterráneo Occidental) de *Parablennius pilicornis* (Cuvier, 1829) y *Scorpaena maderensis* Valenciennes 1833. *Boll. Soc. Hist.Nat. Balears*, 43: 33-38.
- Carreras-Carbonell, J., Pascual, M. i Macpherson, E. 2005. Rapid radiation and cryptic speciation in mediterranean triplefin blennies (Pisces: Tripterygiidae) combining multiple genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 751-761.
- Carreras-Carbonell, J., Pascual, M. i Macpherson, E. 2007. A review of the *Tripterygion tripteronotus* (Risso, 1810) complex, with a description of a new species from the Mediterranean Sea (Teleostei: Tripterygiidae). *Scientia Marina* 71: 75-86.
- Coll, J., García-Rubies, A., Morey, G. i Grau, A. M. 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 76(4): 809-826.
- Coll, J., García-Rubies, A., Morey, G., Reñones, O., Álvarez-Berastegui, D., Navarro, O. i Grau, A. M. 2013. Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(3): 578-590.
- Coll, J., García-Rubies, A., Moranta, J., Stefanni, S. i Morales-Nin, B. 1999. Efectes de la prohibició de la pesca esportiva sobre l'estructura poblacional de l'anfós (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834. Pisces, Serranidae) en el Parc Nacional de Cabrera. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 125-138.
- Coll, J., Morey, G. i Navarro, O. 2016. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2016. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 78 pàg.
- Coll, J., Morey, G., Navarro, O., Martino, S. i Riera, F. 2007. La Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM). Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós i anàlisi dels usos desenvolupats a la reserva. Període 2000-2006. Informe tècnic del Servei de Recursos Marins. Direcció General de Pesca. Govern de les Illes Balears; 40 pàg.
- Coll, J., Linde, M., García-Rubies, A., Riera, F. i Grau, A. M. 2004. Spear fishing in the Balearic Islands: species affected and catch evolution during the period 1975-2001. *Fisheries Research*, 70: 97-111.
- Coll, J., Reñones, O., Moranta, J. i Morales-Nin, B. 1995. Base study for monitoring the reserve effect in the Cabrera National Park, Balearic Islands. An indicator species example: *Epinephelus guaza* (L.). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 34: 240.
- Colloca, F., Cardinale, M., Maynou, F., Giannoulaki, M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido, J. M. i Fiorentino, F. 2013. Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and Fisheries*, 14: 89-109.
- Côté, I., Mosqueira, M. i Reynolds, J. D. 2001. Efectes of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: a meta-analysis. *J. Fish Biol.* 59: 178-189.
- Cuadros-Casado, I. A. 2016. *Settlement and post-settlement processes of Mediterranean littoral fishes: influence of seascape attributes and environmental conditions at different spatial scales*. Tesis doctoral. 259 pàg. Universitat de les Illes Balears.
- Díaz, D., Ballesteros, E., Cebrián, E., Aspillaga, E. i Muñoz, A. Les coves submergides de l'Arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A. i Terrasa, B. (eds.). Arxipèlag de Cabrera. Història Natural. Mon.Soc. Hist.Nat.Balears, 30: 299-317.

- Edgar, G. J., Stuart-smith, R. D., Willis, T. J. *et al.*, 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *NATURE*, 596. Doi: 10.1038/nature13022.
- Fontes, J., Semmens, B., Caselle, J. E., Santos, R. S. i Prakya, S. R. 2016. Ocean productivity may predict recruitment of the rainbow wrasse (*Coris julis*). *PLoS ONE* 11(11): e0165648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165648>
- Francour, P. 1991. Ichtyofaune de la reserve naturelle de Scandola (Corse Méditerranée nord-occidentale). Influence spatiale et temporelle de l'effet de réserve. *Trav.Sci.parc nat.reg.nat. Corse Fr*, 31: 1-33.
- Francour, P., Harmelin, J.-G., Pollard, D. i Sartoretto, S. 2001. A review of marine protected areas in the northwestern Mediterranean region: siting, usage, zonation and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11: 155-188.
- García-Charton, J.A., Pérez-Ruzafa, A., Sánchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J.-T., Reñones, O. i Moreno, D. 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Mar. Biol.* 144: 161-182.
- García-Rubies, A i Coll, J. 2004 a. Evolució de la ictiofauna litoral de la Reserva dels Freus d'Eivissa i Formentera: 2000-2003. Informe Final. Informe tècnic del CEAB-CSIC. 109 pàg.
- García-Rubies, A i Coll, J. 2004 b. Evolució de la ictiofauna litoral de la Reserva del nord de Menorca: 2000-2003. Informe Final. Informe tècnic del CEAB-CSIC. 105 pàg.
- Garcia-Rubies, A i Zabala, M. 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 54: 317-328.
- Garcia-Rubiés, A. 1993. Distribució batimètrica dels peixos litorals. Alcover JA, Ballesteros E, Fornós JJ Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera, pp 645-662. Societat d'Història Natural de les Balears.
- Garcia-Rubies, A. 1997. *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- Garcia-Rubies, A., Hereu, B. i Zabala, M. 2013. Long-term recovery patterns and limited spillover of large predatory fish in a Mediterranean MPA. *PlosOne*, 8(9), e73922.
- Goñi, R., Adlerstein, S., Álvarez-Berastegui, D., Forcada, A., Reñones, O., Criquet, G., Polti, S. *et al.* 2008. Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: evidence from artisanal fisheries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 366: 159-174.
- Grau, A. M., Mayol, J., Oliver, J., Riera, F i Riera, M. A. 2015a. Llibre vermell dels peixos de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca. 150 pp.
- Grau, A. M., Riera, F i Pastor, E. 2015b. Nota sobre la presència de *Serranus atricauda* Günther, 1874 (Osteichthyes: Serranidae) en aigües de les Balears (Mediterrània occidental). In: Govern de les Illes Balears i Societat d'Història Natural de les Balears (eds.): Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears. *Mon.Soc.Hist.Nat.Balears*, 20: 111-116.
- Guidetti, P. i Sala, E. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 335: 43-56.
- Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Micheli, F., Pais, A., Panzalis, P., Rosemberg, A. A., Zabala, M i Sala, E. 2014. Large-scale assessment of Mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *Plos One*, 9(4) e91841.
- Halpern, B. S., i Warner, R. R. 2002. Marine Reserves have rapid and lasting effects. *Ecology Letters*, 5: 361-366.
- Harmelin-Vivien, M., Le Diréach, L., Bayle-Sempere, J., Charbonnel, E., García-Charton, J. A., Oddy, D., Pérez-Ruzafa, A *et al.* 2008. Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: evidence of spillover?. *Biol. Conserv.* 141: 1829-1839.
- Harmelin-Vivien, M. L., Harmelin, J.-G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., Barnabe, G *et al.* 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Rev. Ecol (Terre Vie)*. 40: 467-539.
- Jackson, J.B.C. 1997. Reefs since Columbus. *Coral Reefs*, 16: S23-S32.
- Kaufmann, K. W. 1981. Fitting and using growth curves. *Oecologia*, 49: 293-299.
- Kersting, D. K. 2016. Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Oficina española de cambio climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 166 pàg.
- Kingsford, M. J. 2009. Contrasting patterns of reef utilization and recruitment of coral trout (*Plectropomus leopardus*) and snapper (*Lutjanus carponotatus*) at One Tree Island, southern Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 28: 251-264.
- Lester, S. E., Halpern, B. S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B. I., Gaines, S. D., Aïramé, S., Warner, R. R. 2009. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 384: 33-46.
- Lester, S. E. i Halpern, B. S. 2008. Biological responses in marine no-take reserves versus partially protected areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 367: 49-56.
- Lorenzen, K. 2008. Fish population regulation beyond "stock and recruitment": the role of density-dependent growth in the recruited stock. *Bulletin of Marine Science*, 83: 181-196
- MacPherson, E., Biagi, F., Francour, P., Garcia-Rubies, A., Harmelin, J., Harmelin-Vivien, M., Jouvenel, J. Y. *et al.* 1997. Mortality of juvenile fishes of the genus *Diplodus* in protected and unprotected areas in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 160: 135-147.
- Margalef, R. 1993. *Teoria de los sistemas ecológicos*. Edicions Universitat de Barcelona, 290 pàg.
- Martino, S., Grau, A. M. 2010. Presència de la donzella, *Coris julis* (Linnaeus, 1758), amb lliurea atlàntica (Osteichthyes: Labridae) a les Illes Balears (Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 53: 153-160.

- Massuti, E. i Reñones, O. 2005. Demersal resource assemblages in the trawl fishing grounds off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 69: 167-181.
- Massutí, E., Morey, G., Moranta, J. i Riera, F. 2001. Presencia de *Sphyraena viridensis* (Pisces, Sphyraenidae) a les Illes Balears. *Boll Soc Hist Nat Balears* 44: 97-101.
- McClanahan, T. R. i Arthur, R. 2001. The effect of marine reserves and habitat on populations of east African coral reef fishes. *Ecol. Appl.* 11: 559-569.
- McClanahan, T. R., Graham, N. A. J., Calnan, J. M. i Macneil, M. A. 2007. Toward pristine biomass: Reef fish recovery in coral reef marine protected areas in Kenya. *Ecol. Appl.* 17: 1055-1067.
- McClanahan, T. R., Graham, N. A. J., Wilson, S. K., Letourneur, Y., Fisher R. 2009. Effects of fisheries closure size, age, and history of compliance on coral reef fish communities in the western Indian Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 396: 99-109.
- McClanahan, T. R. i Sala, E. 1997. A Mediterranean rocky-bottom ecosystem fisheries model. *Ecol. Model.* 104: 145-164.
- McClanahan, T. R. 2000. Recovery of a coral reef keystone predator, *Balistapus undulatus*, in East African marine parks. *Biological Conservation*, 94: 191-198.
- Morales-Nin, B., Coll, J., Moreno, I., Reñones, O. i Moranta, J. 1993. Estudio de las poblaciones de peces asociadas a las principales comunidades bentónicas del P.N. Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Determinación del estado actual de la ictiofauna como base del estudio del efecto reserva. Informe técnico del CSIC y UIB. 150 pág.
- Moranta, J., Coll, J., Reñones, O. i Morales-Nin, B. 1995. Abundance and size distributions of *Diplodus vulgaris* of the National Park of the Cabrera Archipelago (Balearic islands) during summer. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 34: 251.
- Moranta, J., Stefanescu, C., Massuti, E., Morales-Nin, B. i D. Lloris. 1998. Fish community structure and depth-related trends on the continental slope of the Balearic Islands (Algerian basin, western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 171: 247-259.
- Morey, G., Moranta, J., Massuti, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F. i Morales-Nin B. 2003. Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fish. Res.* 62: 89-96.
- Morey, G., Martínez, M., Massuti, E. i Moranta, J. 2003. The occurrence of white sharks, *Carcharodon carcharias*, around the Balearic Islands (western Mediterranean Sea). *Environmental Biology of Fishes*, 68: 425-432.
- OAPN, (2012). Proyecto piloto de seguimiento ecológico del medio marino en el Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera: seguimiento ecológico intensivo. 627 pág.
- Odum, E. P. 1969. Strategy of ecosystem development. *Science*, 164:262-270.
- Patzner, R. A. 1985. Die Blenniiden von Ibiza und ihre Verbreitung in West Mittelmeer. *Senkbergiana biol.*, 65: 179-203.
- Pauly, D. i Christensen, V. 1995. Primary production required to sustain global Fisheries. *Nature*, 374: 255-257.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R i Torres, F. Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860-863.
- Pinnegar, J. K. 2018. Why the damselfish *Chromis chromis* is a key species in the Mediterranean rocky littoral – a quantitative perspective. *Journal of Fish Biology*, 92(3): 851-872.
- Pozo, M., Reviriego, B., Mir, J. F., Ramón, M., Llop, J., De Juan, G., Sancho, G. i Álvarez-Berastegui, D. 2009. Asistencia técnica para la evaluación de los recursos icticos y el seguimiento de la actividad pesquera en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Año 2008. 102 pág.
- Quetglas, A., Merino, G., Ordines, F., Guijarro, B., Garau, A., Grau, A. M., Oliver, P. i Massutí, E. 2016. Assessment and management of western Mediterranean small-scale fisheries. *Ocean and Coastal Management*, 133: 95-104.
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J. i Morales-Nin, B. 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Scientia Marina* 61: 495-506.
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J., Morales-Nin, B. i Oliver, P. 1995. Littoral fish community of Cabrera National Park (Balearic Islands): Qualitative data. "XXXI Congrès de le Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée » *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 34: 255
- Reñones, O., Álvarez, D., Coll, J., Morey, G., Navarro, O., Rueda, L., Grau, A *et al.* 2012. *Identificación del patrón de movimientos y factores ambientales que determinan la distribución espacial del mero Epinephelus marginatus en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: aplicaciones para su conservación.* En: *Proyectos de Investigación en Parques Nacionales, 2008-2011.* Pág: 407-430. Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ed.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Reñones, O., Goñi, R., Fernández, J. L., Mas, X. i Pozo, M. 2004. Small-scale fisheries in Cabrera Archipelago National Park (W Mediterranean): identification of fishing métiers. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 37: 426.
- Reñones, O., Goñi, R., Pozo, M. i Deudero, S. 2001. Effects of the cessation of fishing in protected areas of the Cabrera Archipelago National Park: Results of species of the Serranidae and Sparidae families. *Actas de las I Jornadas Internacionales sobre Reservas Marinas.* Secretaría General de Pesca, Publicaciones Especiales: 197-216.
- Reñones, O., Goñi, R., Pozo, M., Deudero, S. i Moranta, J. 1998. Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park (West – central Mediterranean). *Mémoires de l'Institut océanographique Paul Ricard.* Symposium International sur les Mérous de Méditerranée, novembre 1998, Embiez, France. Pages 155-164.
- Riera, F., Grau, A. M., Pastor, E. i Pou, S. 1995b. Faunistical and demographical observations in Balearic ichthyofauna. *In: Meridionalization or subtropicalization phenomena. In: Mediterranean: Climate variability, environment and*

- biodiversity*:213-220 pp. Okeanos. Montpellier.
- Riera, F., Pou, S. i Grau, A. M. 1993. La ictiofauna. In: *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Alcover, J. A., Ballesteros, E., Fornós, J. (Eds). Pàgines: 687-730. CSIC-Edit.Moll,
- Roberts, C. M. i Polunin, N. V. C. 1991. Are marine reserves effective in management of reef fisheries? *Rev. Fish Biol. Fish.* 1: 65-91.
- Roberts, C. 2007. *The unnatural history of the sea*. Island Press, Washington, 436 pàg.
- Sala, E. 2004. The past and present topology and structure of Mediterranean subtidal rocky-shore food webs. *Ecosystems*, 7: 333-340.
- Sala, E. 1997. Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 129: 531-539.
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinós, P., Di franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Frascchetti, S., *et al.* 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *Plos One* 7(2): e32742. doi: 10.1371/journal.pone.0032742.
- Sandin, S. A. i Sala, E. 2012. Using successional theory to measure marine ecosystem health. *Evolutionary Ecology*, 26: 435-448.
- Stewart, G. B., Kaiser, M. J., Côté, I. M., Halpern, B. S., Lester, S. E., Bayliss, H. R. i Pullin, A. S. Temperate marine reserves: global ecological effects and guidelines for future networks. *Conservation letters*, 2: 243-253.
- Ter Braak, C. J. F. i Šmilauer, P. 2002 CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power.
- Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C. F., Personnic, S., Ruitton, S., Ballesteros, E., Bellan-Santini, D., Bianchi, C. N., Bussotti, S., Cebrian, E., Cheminée, A., Culioli, J-M., Derrien-Courtel, S., Guidetti, P., Harmelin-Vivien, M., Hereu, B., Morri, C., Poggiale, J-C. i Verlaque, M. 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine Pollution*, 117: 311-329.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press. Cambridge. 504 pp.
- Valls, A., Gascuel, D., Guénette, S. i Francour, P. 2012. Modeling trophic interactions to assess the effects of a marine protected area: case study in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 456: 201-214.
- Vergès, A., Tomàs, F. i Ballesteros, E. 2012. Interactive effects of depth and marine protection on predation and herbivory patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 450 : 55-65.
- Zabala, M i Ballesteros, E. 1989. Surface dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean. *Sci. Mar.*, 53: 3-17.
- Zabala, M., Garcia-Rubies, A. i Corbera, J. 2005. Peixos litorals. Ajuntament de Badalona 196 pp.

ANNEXOS

Annex I. Llistat de les espècies de peixos enregistrades mitjançant censos visuals entre 1993 i 2016 en transectes superficials (< 15 m) i profunds (15 – 30 m). Les xifres fan referència al nombre de transectes/mostres en que cada espècie va ser observada. *: espècies demersals vulnerables a la pesca considerades en el tractament estadístic.

	Cabrera		Total Cabrera	Mallorca		Total Mallorca
	<15m	>15m		<15m	>15m	
Família Dasyatidae						
<i>Dasyatis pastinaca</i>	2	8	10			
Família Congridae						
<i>Conger conger</i> *	2		2			
Família Muraenidae						
<i>Muraena helena</i> *	42	89	131	25	63	88
<i>Gymnothorax unicolor</i> *	1		1		3	3
Família Engraulidae						
<i>Engraulis encrasicolus</i>	3	1	4	3	2	5
Família Gadidae						
<i>Phycis phycis</i> *	6	33	39	1	10	11
Família Atherinidae						
<i>Atherina sp.</i>	13	11	24	12	1	13
Família Syngnathidae						
<i>Hippocampus ramulosus</i>					1	1
Família Scorpaenidae						
<i>Scorpaena maderensis</i>	56	6	62	20	1	21
<i>Scorpaena notata</i> *	70	32	102	48	41	89
<i>Scorpaena scrofa</i> *	17	33	50	7	26	33
<i>Scorpaena porcus</i> *	21	7	28	23	27	50
Família Moronidae						
<i>Dicentrarchus labrax</i>				1		1
Família Serranidae						
<i>Anthias anthias</i>		45	45		3	3
<i>Serranus scriba</i>	290	227	517	151	122	273
<i>Serranus cabrilla</i>	75	193	268	26	91	117
<i>Serranus atricauda</i>		1	1			
<i>Epinephelus caninus</i> *	3	8	11			
<i>Epinephelus costae</i> *	31	126	157		8	8
<i>Epinephelus marginatus</i> *	374	405	779	32	36	68
<i>Mycteroperca rubra</i> *	6	41	47	1	3	4

Família Apogonidae						
<i>Apogon imberbis</i>	233	181	414	127	124	251
Família Carangidae						
<i>Seriola dumerili</i>	20	31	51	1	4	5
<i>Lichia amia</i>		1	1			
Família Sciaenidae						
<i>Sciaena umbra</i> *	81	76	157	34	30	64
Família Mullidae						
<i>Mullus surmuletus</i>	145	124	269	108	94	202
Família Sparidae						
<i>Oblada melanura</i>	232	142	374	101	51	152
<i>Boops boops</i>	67	91	158	6	16	22
<i>Sarpa salpa</i>	200	125	325	119	79	198
<i>Dentex dentex</i>	3	49	52	2	16	18
<i>Sparus aurata</i> *	1	2	3	3	4	7
<i>Pagrus pagrus</i> *	1		1		1	1
<i>Spondylisoma cantharus</i> *	76	164	240	28	57	85
<i>Lithognathus mormyrus</i>	3		3			
<i>Diplodus annularis</i>	167	96	263	140	105	245
<i>Diplodus cervinus</i> *	2	1	3		1	1
<i>Diplodus puntazzo</i> *	139	98	237	60	48	108
<i>Diplodus sargus</i> *	256	180	436	141	115	256
<i>Diplodus vulgaris</i> *	319	247	566	153	127	280
Família Centracanthidae						
<i>Spicara smaris</i>	2	47	49		1	1
<i>Spicara maena</i>	1	31	32		4	4
Família Pomacentridae						
<i>Chromis chromis</i>	145	61	206	35	14	49
Família Labridae						
<i>Coris julis</i>	292	189	481	155	128	283
<i>Thalassoma pavo</i>	290	168	458	145	99	244
<i>Symphodus mediterraneus</i>	200	135	335	116	108	224
<i>Symphodus melanocercus</i>	37	61	98	40	52	92
<i>Symphodus cinereus</i>	1		1			
<i>Symphodus dodderleini</i>	48	50	98	15	29	44
<i>Symphodus ocellatus</i>	219	108	327	120	89	209
<i>Symphodus roissali</i>	161	12	173	91	3	94
<i>Symphodus rostratus</i>	107	56	163	106	63	169

<i>Symphodus tinca</i>	274	203	477	149	122	271
<i>Labrus viridis</i> *	74	32	106	7	3	10
<i>Labrus merula</i> *	117	58	175	10	9	19
Família Gobiidae						
<i>Gobius buchichi</i>	21		21	7		7
<i>Gobius cruentatus</i>	2	62	64	7	36	43
<i>Gobius geniporus</i>	4	1	5	1	1	2
<i>Gobius niger</i>					1	1
<i>Gobius sp.</i>	1		1	1		1
<i>Gobius paganellus</i>				2		2
<i>Gobius vittatus</i>		10	10		2	2
<i>Thorogobius ephippiatus</i>					3	3
Família Blenniidae						
<i>Parablennius gattorugine</i>	1		1	5		5
<i>Parablennius sp.</i>	1		1	4		4
<i>Parablennius pilicornis</i>	4		4	5		5
<i>Parablennius rouxi</i>	23	43	66	54	40	94
<i>Parablennius zvonimiri</i>	5		5	18		18
<i>Lipophrys nigriceps</i>	8		8	16		16
Família Gobiesocidae						
<i>Lepadogaster sp.</i>	3		3			
Família Tripterygiidae						
<i>Tripterygion sp.</i>	5	5	10	7	3	10
<i>Tripterygion tartessicum</i>	31	4	35	42	7	49
<i>Tripterygion delaisi</i>	98	94	192	67	71	138
<i>Tripterygion melanurus</i>	69	7	76	61	10	71
Família Sphyraenidae						
<i>Sphyraena sp.</i>	26	51	77	6	11	17
Família Mugilidae						
<i>Chelon labrosus</i>	25	15	40	8	4	12
<i>Mugil cephalus</i>	30	5	35	11	8	19
<i>Liza aurata</i>				1		1
<i>Liza sp.</i>	1		1	4		4
Família Balistidae						
<i>Balistes capriscus</i>	1		1			
TOTAL ESPÈCIES (79)	69	58	73	59	59	70

HISTÒRIES D'ÈXIT DESPRÉS DE 25 ANYS DE PROTECCIÓ: EL CAS DE *Pinna nobilis* i *Pinna rudis*

Maite Vázquez Luis

Elvira Álvarez

Salud Deudero

Instituto Español de Oceanografía (IEO). Centro Oceanográfico de Baleares. Muelle de Poniente s/n, 07015 Palma,

maite.vazquez@ieo.es,

elvira.alvarez@ieo.es,

salud.deudero@ieo.es

Vázquez, M., Álvarez, E. i Deudero, S. (2020). Històries d'èxit de 25 anys de protecció. El cas de *Pinna nobilis* i *Pinna rudis*. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Aquest capítol es centra en dues espècies de mol·luscs bivalves presents al Parc Nacional de Cabrera, les nacres *Pinna nobilis* i *Pinna rudis*. Les dues espècies estan protegides legalment i són vulnerables a multitud d'impactes. Abans de la creació del Parc, es coneixia la seva presència en aigües de Cabrera, tot i que era ocasional. Es presenta un resum del coneixement adquirit durant els darrers anys en aspectes com la densitat i distribució de poblacions, les preferències d'hàbitat i de profunditat, la demografia poblacional d'ambdues espècies (taxa de reclutament, taxa de mortalitat i taxa de creixement net); l'estructura de talles, edat i la taxa de creixement d'ambdues espècies. A més, en el cas de *P. nobilis* es va investigar l'assentament larvari i la inferència de l'època de posta en l'estudi del desenvolupament gonadal, nivell isotòpic de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$, capacitat com a indicador de metalls pesants, resposta antioxidant, marcadors de dany oxidatiu i producció d'espècies reactives d'oxigen. Es destaca la importància que tenia el Parc per a les dues espècies després de més de 20 anys de protecció efectiva, perquè les poblacions de Cabrera eren de les més denses de tota la Mediterrània. També es tracta l'esdeveniment de mortalitat massiva de *Pinna nobilis*, de conseqüències catastròfiques i que en pocs mesos va devastar la població de Cabrera. Finalment, tota aquesta informació és discutida posant de rellevància punts claus per a la gestió.

Paraules clau: *Pinna nobilis*, Parc Nacional de Cabrera, densitat, distribució, demografia, conservació, mortalitat massiva

SUMMARY

This chapter is focused on two vulnerable bivalve sessile species present in the Cabrera National Park, *Pinna nobilis* and *Pinna rudis*. Both species are protected by law and are vulnerable to many impacts. Prior to the creation of the park, the presence of these species was known in the waters of Cabrera but the presence was occasional. A summary of the knowledge acquired during the last years in aspects such as density and distribution of populations, habitat and depth preferences, population demography of the two species (recruitment rate, mortality rate and net growth rate); the size structure, age, and growth rate of both species are provided. In addition, in the case of *P. nobilis* we investigated the larval establishment and inference of the time of implantation in the study of gonad development, isotopic level of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$, capacity as an indicator of heavy metals, antioxidant response, markers of oxidative damage and production of reactive oxygen species. It emphasizes the importance that the Park had for these two species and the result of the effectiveness of more than 20 years of effective protection since the populations of Cabrera presented one of the highest density of all the Mediterranean for both species. The mass mortality event that in a few months has reached Cabrera with catastrophic consequences for the endemic species *Pinna nobilis* is also discussed. Finally, all this information is discussed in a global context highlighting key points for management strategies.

Keywords: *Pinna nobilis*, Cabrera National Park, densities, distribution, demography, conservation, mass mortality

INTRODUCCIÓ

Parlar de la nacra al Parc Nacional de Cabrera és parlar d'una història d'èxit. Èxit de gestió, èxit d'investigació científica, èxit de conservació, èxit de recuperació d'una espècie protegida que tenia les poblacions minvades, en fi, un èxit compartit a molts de nivells. En aquest capítol s'analitzarà la importància d'aquesta espècie a l'entorn del Parc a partir dels estudis realitzats en el marc de diferents projectes d'investigació.

La nacra, per la seva mida, ha estat una espècie coneguda des d'antic a la cultura mediterrània, on les seves poblacions eren explotades amb finalitats comercials. De la nacra s'extreia el nacre, material molt apreciat pels romans, que l'utilitzaven amb finalitat decorativa. La seva explotació perdurà fins a principis del segle XX, quan es feia servir per a la fabricació de botons (Sicília, Malta). També el biso s'utilitzava com a material tèxtil, molt apreciat per la seva resistència, conegut com "seda de mar" i, a més, en diferents regions mediterrànies també tenia interès culinari (Grècia, Còrsega, Malta i Croàcia). A Balears la presència d'aquesta espècie es troba documentada des del segle XVIII, en descriure's les importants poblacions de la Badia de Pollença (Berard, 1789).

De nacles, al Parc n'hi ha dues espècies, la nacra i la nacra de roca: *Pinna nobilis* i *Pinna rudis*, ambdues descrites per primera vegada per Linneo al 1758. La nacra *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, és endèmica del mar Mediterrani. És una espècie longeva que pot assolir els 50 anys de edat (Rouanet *et al.*, 2015) i que es distribueix des d'aigües somes fins els 60 m de fondària (García-March, 2003; Templado *et al.*, 2004). És el mol·lusc de major mida del Mediterrani i el segon més gran del món, podent aconseguir una longitud de valva de 120 cm (Zavodnik *et al.*, 1991). Viu semi enfonsat en fons d'arena, detritus i praderies de fanerògames marines (Katsanevakis, 2007). El seu hàbitat prioritari són les praderies de *Posidonia oceanica*, d'importància rellevant en la sostenibilitat de la biodiversitat Mediterrània. En les darreres dècades, les poblacions d'aquest mol·lusc es van veure greument reduïdes per la conjunció de causes diverses: extracció il·legal amb fins decoratius i comercials, deteriorament generalitzat de les zones costaneres, mortalitat provocada pel fondeig d'embarcacions (Richardson *et al.*, 1999; Katsanevakis, 2007; Rabaoui *et al.*, 2007) i/o la regressió que sofreix el seu principal ecosistema, les praderies de *P. oceanica* (Marba *et al.*, 1996). Actualment està protegida legalment i està inclosa a l'Annex II del Conveni de Berna, l'Annex II del Conveni de Barcelona (SPA / BD Protocol 1995), l'Annex IV de la Directiva d'Hàbitats (2007) i a l'Annex II del Catàleg Espanyol d'Espècies Amenaçades (Categoria: Vulnerable, Reial Decret 139/2011), tot i que la seva captura estava expressament prohibida a les Illes Balears des de 1987 (Art. 8, Ordre del conseller d'Agricultura i Pesca de 22 de gener de 1987).

La nacra de roca *Pinna rudis* Linnaeus, 1758 es distribueix de forma discontinua per al mar Mediterrani i l'oceà Atlàntic (des de Santa Helena i el Golf de Guinea a les Illes Canàries, Açores i Península Ibèrica Meridional, Poppe i Goto, 1993; Barea *et al.*, 2008). Igual que *P. nobilis*, aquesta espècie ha patit diverses amenaces antropogèniques i està inclosa en l'Annex II del Conveni de Berna, a l'Annex II del Conveni de Barcelona (SPA / BD Protocol 1995), al Llistat d'Espècies Silvestres en Règim de Protecció Especial (Reial Decret 139/2011) i la seva captura està prohibida a les Illes Balears (Decret 26/2015). Pot arribar a una mida d'entre 40 i 50 cm de longitud (Barea *et al.*, 2008) i viu en una gran varietat d'ambients com arena, roca, fons detrític o de grava (Poppe i Gotto, 1993) a profunditat de 20 a 70 metres (Giacobbe i Leonardi, 1987). Tot i que és més comuna en fons durs també es pot trobar en praderies de *Posidonia oceanica* (García-March i Kersting, 2006).

La degradació costanera, la fragmentació i la pèrdua d'hàbitat socaven la biodiversitat marina, especialment en el cas de les espècies sèssils. Les poblacions de nacra són un clar exemple d'espècie que respon a diversos tipus d'impacte reflectint la qualitat de l'hàbitat. Les àrees marines protegides eliminen els principals impactes per a la nacra i proporcionen un escenari òptim per al desenvolupament de les seves poblacions. A més, en el cas del Parc Nacional de Cabrera, les zones de màxima protecció coincideixen amb zones de badia abrigades a l'exposició de l'onatge i on es desenvolupen praderies de *Posidonia oceanica*, hàbitat prioritari per al desenvolupament de *P. nobilis*. Per tot això, la nacra al Parc representa una història d'èxit i demostra l'efectivitat de

la creació d'espais marins protegits, i com la protecció efectiva genera la recuperació d'espècies sèssils vulnerables. Avui a les amenaces amb les que comptava la nacra, se li suma una nova i greu amenaça, de la qual parlarem més endavant.

En aquest capítol es farà un repàs de tot el coneixement generat sobre les dues espècies de nacres, *Pinna nobilis* i *Pinna rudis*, des de la creació del Parc Nacional de Cabrera. Veurem quin era el coneixement que es tenia prèviament, quin és el coneixement que s'han adquirit al llarg d'aquests anys i quina és la situació actual de les dues espècies al Parc.

MATERIAL I MÈTODES

L'estudi dels diferents aspectes ecològics de la nacra (*P. nobilis*) i la nacra de roca (*P. rudis*) s'han dut a terme en el marc del Projecte PINNA: "Estado de conservació del bivalvo amenazado *Pinna nobilis* en el Parque Nacional de Cabrera" (024/2010), finançat per l'Organismo Autónomo de Parques Nacionales del Ministeri de Medi Ambient, Rural i Marí. La durada del projecte va ser de tres anys (2011 a 2014) i estava centrat principalment en l'estudi de les poblacions de *P. nobilis* al Parc, tot i que també es va realitzar un esforç per augmentar el coneixement de l'espècie congenèrica *P. rudis*. En el marc d'aquest projecte es va estudiar, per a les dues espècies, la distribució espacial, paràmetres poblacionals clau com la densitat i demografia, l'estructura de talles, l'edat i la taxa de creixement. A més, en el cas de *P. nobilis* es va investigar l'assentament larvari i la inferència de l'època de posta a partir de l'estudi del desenvolupament gonadal. Finalment es va estudiar la concentració de metalls pesats, la resposta fisiològica i es va determinar el grau de epifitisme per algues invasores, entre d'altres activitats transversals.

Per cobrir tots aquests objectius, s'han realitzat mostrejos amb escafandre autònom en diverses àrees del Parc des de 2011 fins a l'actualitat (2020). Cal destacar el gran esforç de mostreig dut a terme en el marc d'aquest projecte, amb un nombre molt elevat d'immersions, mostrejant-se els diferents hàbitats presents al Parc en una àmplia escala geogràfica i a diferents cotes batimètriques. A més, la cobertura temporal d'alguns aspectes ecològics ha estat de les més llargues que hi ha per a aquestes espècies (ex. seguiment de paràmetres demogràfics). Com que les metodologies utilitzades són diverses i majoritàriament s'han explicat en treballs ja publicats, es poden consultar en els treballs citats com a referències bibliogràfiques si es vol obtenir més informació detallada sobre aspectes metodològics. Com que no és possible detallar tots els resultats obtinguts durant aquests anys d'estudi en aquest capítol, s'han seleccionat els aspectes més rellevants que permeten una visió global del coneixement generat sobre aquestes dues espècies de nacres al Parc i sobre la situació actual.

RESULTATS

Pinna nobilis

Densitat d'individus i distribució de talles de nacra al PN de Cabrera

Al Parc Nacional de Cabrera, es varen trobar individus de nacra des dels 2 m fins als 46 m de fondària. En total s'han comptabilitzat 1.873 individus, dels quals el 15.22% eren morts. L'espècie apareix distribuïda en tot el perímetre del Parc (Fig. 1A), amb densitats variables des d'àrees sense presència d'exemplars, fins densitats molt elevades. La densitat mitjana global d'exemplars de *P. nobilis* a Cabrera és de 3.76 ± 0.25 ind/100 m², però aquestes densitats varien entre hàbitats (Fig. 1B, Fig. 3). La majoria d'individus van ser detectats en les praderies de *P. oceanica*, confirmant la preferència d'aquesta espècie per aquest hàbitat. La densitat mitjana en praderies de *P. oceanica* va ser de 5.13 ± 0.32 ind/100 m², amb valors màxims de 37.33 ind/100 m² a 8 m de profunditat a Santa Maria, que és el lloc que presenta la major densitat de tota l'àrea protegida. Les densitats de *P. nobilis* a la resta d'hàbitats van ser menors: a detrític la mitjana va ser de 0.69 ± 0.2 ind/100 m² (mín.-màx: 0-4.44); en fons rocosos la mitjana va ser de 0.43 ± 0.11 ind/100 m² (0-4.17); en fons

de sorra la mitjana va ser de 0.22 ± 0.07 ind/100 m² (0-1.38); i en els hàbitats de coves la mitjana va ser de 0.51 ± 0.17 ind/100 m² (0-1.49). Pel que fa a la densitat d'individus de *P. nobilis* per fondàries estudiades, s'observa que les majors densitats es troben a cotes batimètriques de 10 i 20 m, disminuint el nombre d'exemplars en augmentar la profunditat (Fig. 1C, Fig. 2). La densitat mitjana a la cota de 0 a 10 m va ser de 4.68 ± 0.45 ind/100 m²; de 10 a 20 va ser de 5.24 ± 0.5 ind/100 m²; de 20 a 30 va ser de 2.24 ± 0.44 ind/100 m²; de 30 a 40 va ser de 0.58 ± 0.12 ind/100 m² i de 40 a 50 va ser de 0.23 ± 0.01 ind/100 m² (Vázquez-Luis *et al.*, 2014b, 2015b; Vázquez-Luis i Deudero, 2014; Deudero *et al.*, 2015).

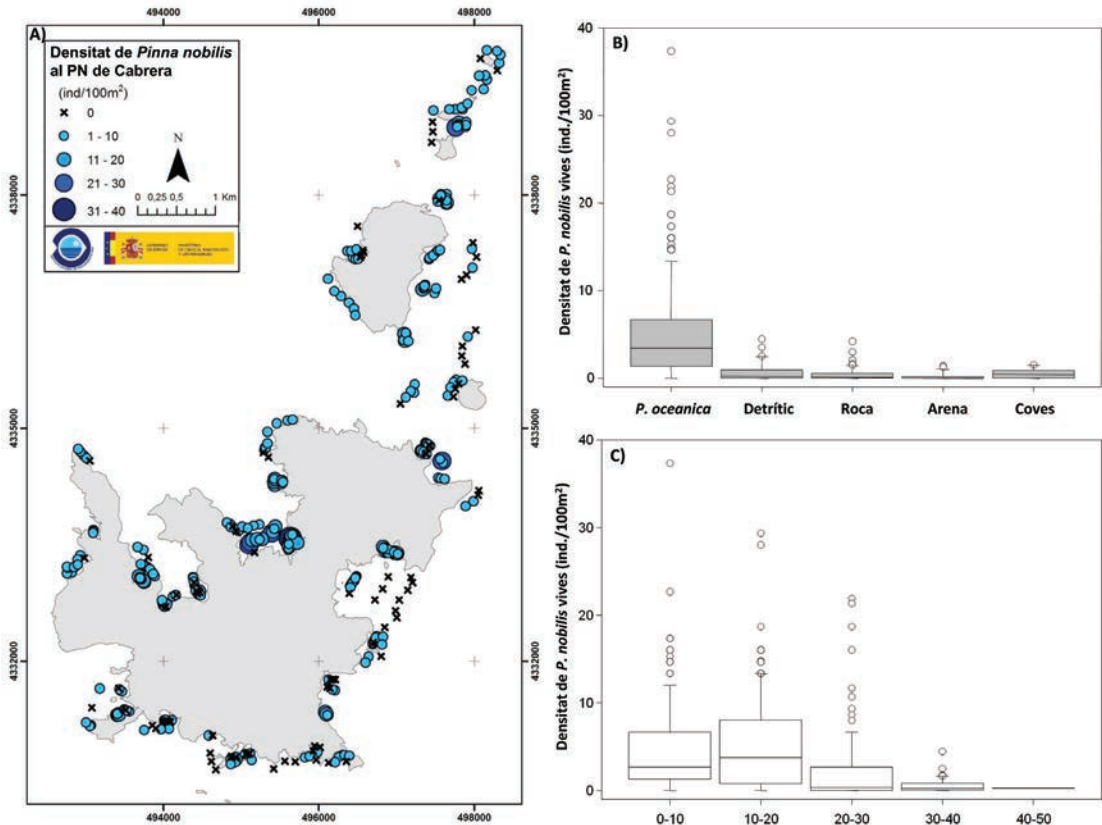


Figura 1. A) Distribució de la densitat de *P. nobilis* (ind/100m²) al PN de Cabrera, quantificada mitjançant censos visuals. B) Densitat de *P. nobilis* (ind/100m²) al PN de Cabrera en els diferents hàbitats avaluats. C) Densitat de *P. nobilis* (ind/100m²) al PN de Cabrera en les diferents cotes de profunditat avaluades.

Amb les dades obtingudes durant els mostrejos es varen generar models espacials predictius de distribució de l'espècie al Parc dels 0 als 50 m de profunditat, tenint en compte diverses variables ambientals: profunditat, pendent, exposició a l'onatge, tipus d'hàbitat, diversitat de hàbitats i zonificació del Parc. El mapa de predicció va mostrar que l'espècie és present a tot el Parc fins a 50 metres de profunditat ressaltant la presència d'alguns *hotspots* (Vázquez-Luis *et al.*, 2014b).

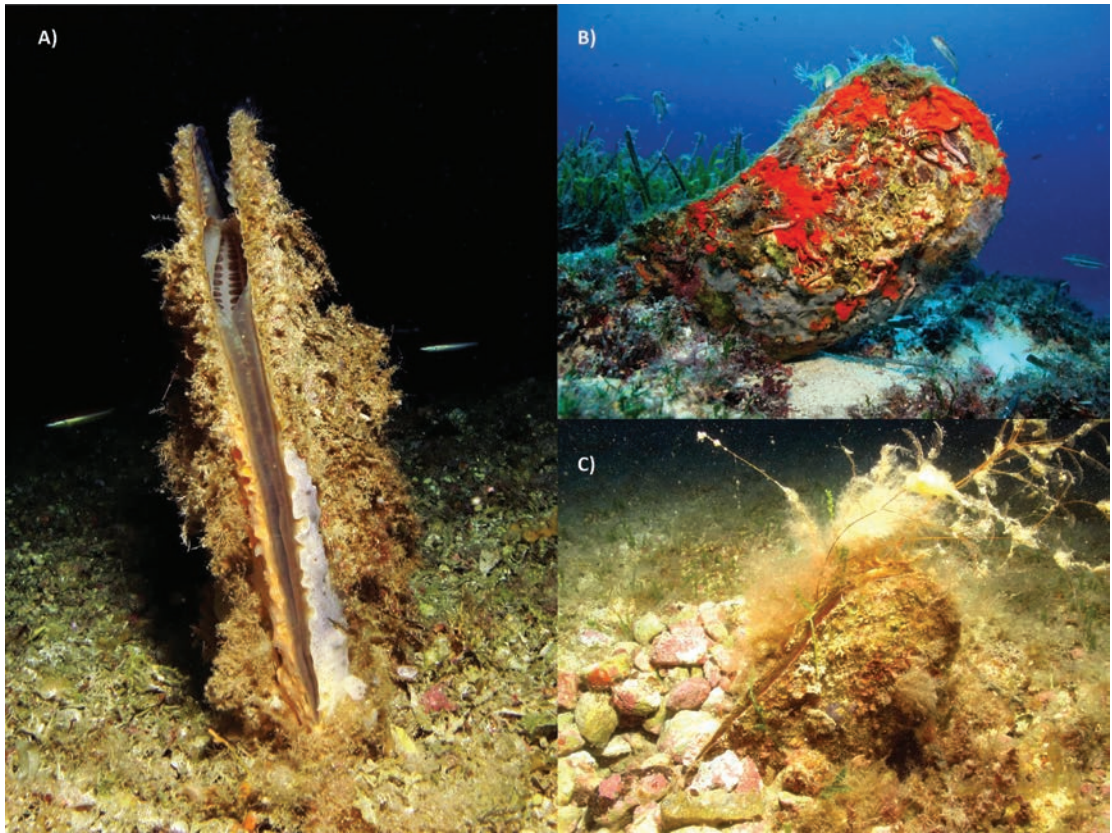


Figura 2. A) Exemplar adult de *P. nobilis* sobre fons detrític de la cova de Ensiola, B) exemplar de *P. nobilis* en praderia de *P. oceanica* amb comunitat d'epibionts típica de fondària; i C) exemplar de *P. nobilis* trobat a 46 m de fondària sobre fons detrític.

Quant a la distribució de classes de talla de *P. nobilis* al Parc, els exemplars censats presentaven un ampli rang de mida ja que s'han detectat individus amb una amplada màxima de la valva d'entre 2.2 i 30 cm. En termes generals, la població de *P. nobilis* de Cabrera es caracteritza per presentar individus de totes les classes de talla, predominant els individus d'amplada compresa entre 15 i 20 cm. Pel que fa als exemplars morts el patró és similar. Es tracta per tant, una població madura amb un elevat nombre d'individus reproductors.

Paral·lelament, es van estudiar les poblacions de *P. nobilis* a la resta d'illes de l'arxipèlag balear (Deudero *et al.*, 2015) i es van relacionar a nivell de mesoescala amb dades de variables ambientals (profunditat mitjana, altura de l'ona, altura màxima d'ona, període d'onades amb alta energia i direcció mitjana d'ona font) i de factors d'estress derivats de l'ésser humà (fondeig d'embarcacions, nivell de protecció, efluent d'aigües residuals, activitat de pesca i busseig) que també es van recopilar. Els models resultants mostraren que els factors d'origen antròpic són els que expliquen en major mesura la variabilitat en la densitat espacial i distribució de la nacra, essent el fondeig d'embarcacions el factor que es va revelar com el de major impacte sobre la densitat de nacres, cosa que es va contrastar en un experiment manipulatiu (Vázquez-Luis *et al.*, 2015a). Les variables ambientals, en canvi, van jugar un paper secundari en la densitat, cosa que indica que la protecció i restricció d'usos en espais marins, com és el cas del Parc Nacional de Cabrera, és fonamental per a la recuperació i sostenibilitat de comunitats bentòniques (Fig. 3).

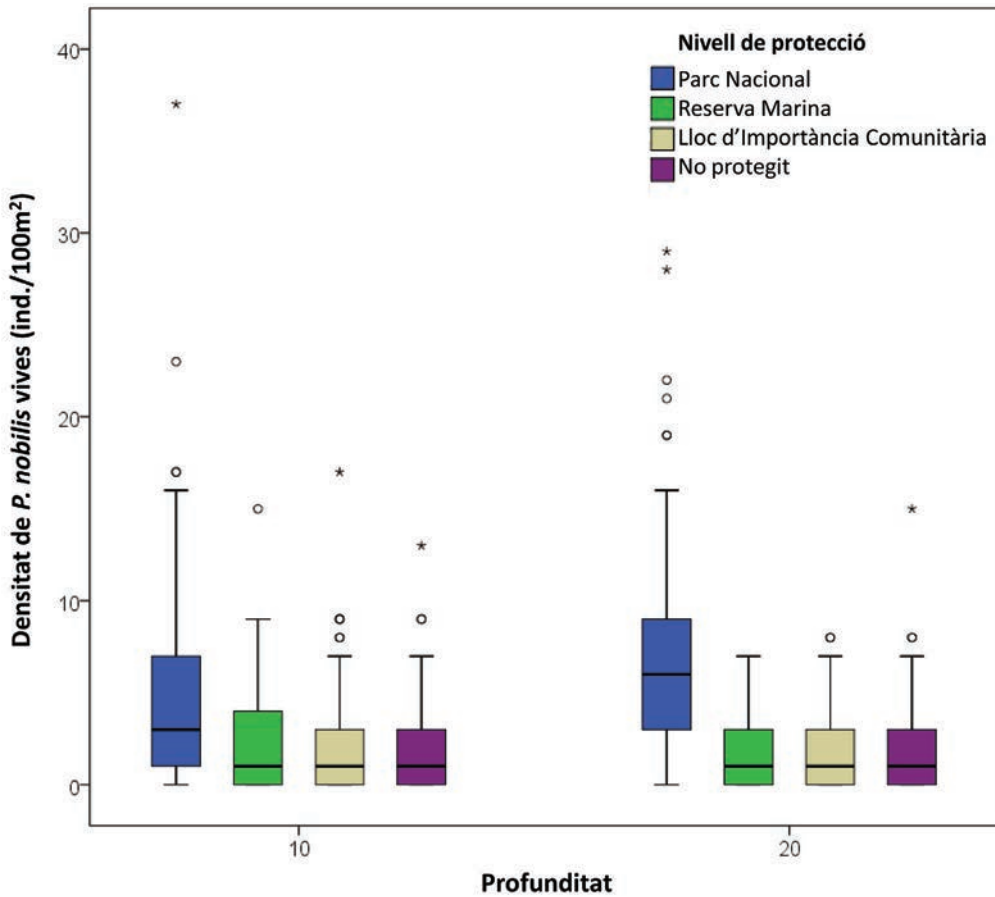


Figura 3. Densitat de *P. nobilis* (ind./100m²) a totes les localitats avaluades de Balears, separades pel seu grau de protecció: Parc Nacional, Reserva Marina, Lloc d'Importància Comunitària i no protegit.

Edat i creixement

Pel que fa a l'edat i el creixement de *Pinna nobilis* a Cabrera, es van estudiar dues poblacions diferenciades per l'hidrodinamisme, la primera a una zona protegida (Cala Gandulf), i l'altra en una zona exposada (Freus). De les nacres estudiades en zones de baix hidrodinamisme, l'edat màxima trobada va ser 27 anys (García-March *et al.* 2020), mentre que a les zones exposades l'edat màxima va ser de 14 anys. Aquesta diferència en l'esperança de vida es va constatar en les diferències en el percentatge d'individus morts de les dues poblacions estudiades: a la zona protegida el nombre dels individus morts de la població era del 10-17% del total, mentre que a la zona exposada entre el 44 i el 60% d'individus eren morts. A més d'aquestes diferències en longevitat, el creixement dels individus també depèn de la hidrodinàmica. En zones protegides, a una mateixa edat, la nacra pot tenir fins al doble de longitud que a una zona exposada; per exemple, una nacra de 10 anys en es Freus (10 m de profunditat, exposat) mesura 28 cm de longitud mentre que a Santa Maria (20 m de profunditat, protegit) en mesura uns 57 cm (Martínez *et al.*, 2014). També la forma que presenten és diferent, essent els individus adults més allargats en zones no abrigades i més aplatats i amples en zones protegides, cosa que no passa amb els juvenils (Arenós, 2013; Lozano, 2013).

A més, aquestes diferències en creixement dels individus adults també s'han constatat experimentalment en els primers anys de vida de *P. nobilis*, demostrant-se canvis en els valors isotòpics de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$, en el creixement i les taxes de supervivència, en juvenils exposats a nivells diferents d'activitat humana (Alomar *et al.*, 2015). Per això, es van fondejar 25 juvenils

de nacra al Port d'Andratx i altres 26 a Cala de Santa Maria (Cabrera), els qual van ser objecte de seguiment durant 2 anys. Els resultats indicaren que els individus d'entorns eutròfics (Port d'Andratx) van mostrar majors taxes de creixement i de nivell isotòpic (tant en múscul com en mantell). No obstant això, la supervivència en aquests ambients eutròfics amb pressió humana va ser molt més baixa, ja que el 50% dels individus van morir al Port d'Andratx durant els primers 5 mesos, mentre que prop del 90% va sobreviure a Cabrera després dels dos anys d'estudi (Alomar *et al.*, 2015).

Demografia de poblacions

Per dur a terme el seguiment demogràfic de les poblacions de *Pinna nobilis* al PN de Cabrera es van instal·lar 8 parcel·les de superfície coneguda (100 m² cada parcel·la) a tres profunditats (10, 20 i 30 m) en les quals es van marcar tots els exemplars de nacra presents (Fig. 4). A més, es van instal·lar 2 parcel·les de control en una localitat fora del Parc (Sant Elm, a Mallorca) a 10 m de fondària, on també es van marcar tots els exemplars presents. Des de 2011 s'han realitzat visites anuals per controlar els exemplars marcats i marcar els nous exemplars reclutats (Vázquez-Luis *et al.*, 2015b, 2017b).

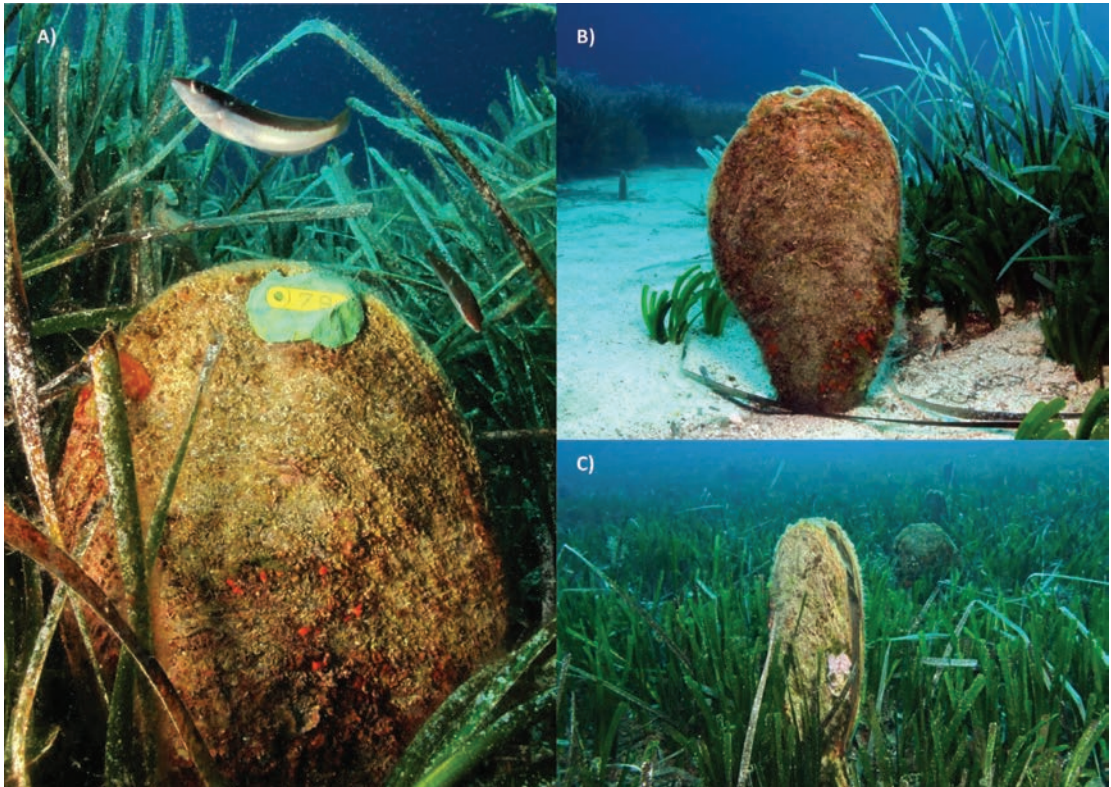


Figura 4. A) Exemplar adult de *P. nobilis* marcat a la valva amb massilla i una etiqueta numerada a una de les parcel·les de demografia del PN de Cabrera a 10 m de profunditat. B) Exemplar adult en fons de sorra i praderia de *P. oceanica* en Santa Maria. C) Població de nacres d'alta densitat a Cala Gandulf a l'hivern, quan la fulla de *P. oceanica* està més baixa.

Durant el període de seguiment (fins a 2015) en les parcel·les permanents es marcaren un total de 278 exemplars de nacra, dels quals 248 ho van ser a les parcel·les del Parc Nacional de Cabrera (156 a 10 m, 68 a 20 m i 24 a 30 m) i 30 a la zona control de Sant Elm, a 10 m de profunditat. Després de quatre anys de seguiment, la supervivència dels individus marcats inicialment en 2011 a les parcel·les de Cabrera va ser elevada (82,45% en les parcel·les de 10 m, 88,38% en les de 20 m i 96,43% en les de 30 m), mentre que a la zona control la supervivència dels exemplars marcats inicialment va ser del 38,64% (Fig. 5).

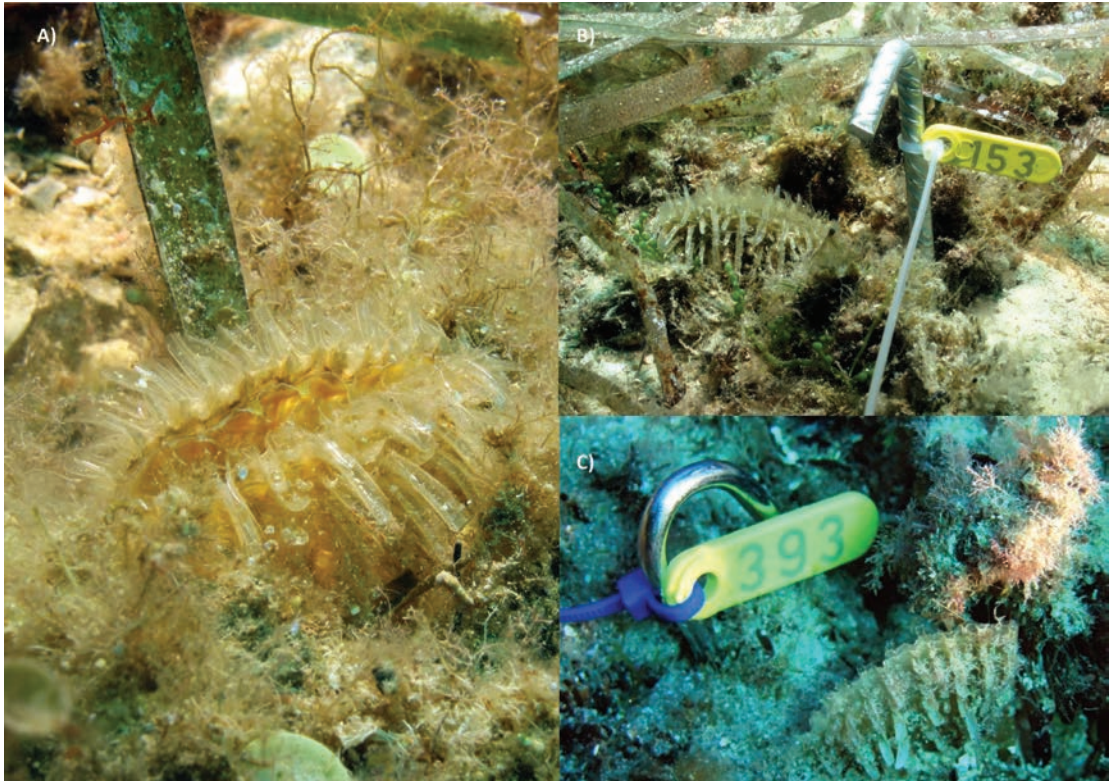


Figura 5. A) Exemplant juvenil de *P. nobilis* sobre mata de *P. oceanica*, B) juvenil a una parcel·la de demografia a Santa Maria; i C) Juvenil a una parcel·la de demografia a Sant Elm (Mallorca).

Els paràmetres demogràfics revelen diferències entre localitats, cotes batimètriques i anys. Pel que fa a la taxa de creixement net de la població, és positiva o tendeix a zero a les dues localitats i per a totes les profunditats estudiades, però la dinàmica de les poblacions del Parc, independentment de la profunditat, és diferent de la zona control de Sant Elm. Les taxes de mortalitat a Cabrera són similars a 10, 20 i 30 m de profunditat, mentre que a Sant Elm la taxa de mortalitat ha estat, de mitjana, més del doble que la de Cabrera a la mateixa fondària. La taxa de reclutament presenta resultats similars i els valors de Sant Elm són superiors als de Cabrera en més del doble, per a tot el període d'estudi (2011-2015). Les poblacions de Cabrera destaquen per l'estabilitat de les seves poblacions en totes les fondàries estudiades, mentre que la població de Sant Elm presenta un reclutament mitjà que supera el 70% del total dels exemplars censats en tot el període d'estudi, suposant una renovació molt important per a la població. A Cabrera aquests valors són molt més discrets, del 30,68% a la cota de 10 m, minvant a les cotes més profundes (23,74% a 20 m i 3,57% a 30 m).

També es valorà l'estructura de talles de la població de *P. nobilis* per localitat i cota de profunditat en les parcel·les permanents. Al Parc, els exemplars censats presentaven un ampli rang de talles (entre 3,3 i 27,5 cm d'amplada màxima), amb representants de totes les classes de talla. L'estructura de talles a Cabrera varia amb la fondària, de manera que a la cota més soma dominen els exemplars compresos entre els 15-20 cm d'amplada, mentre que a les cotes fones dominen els exemplars de major talla, entre 20-25 cm, essent a la cota més profunda (30 m) on aquesta diferència és més acusada. Per contra, a la zona control de Sant Elm, els exemplars de la població situada a la cota soma de 10 m són de dimensions menors, amb un rang de talles compreses entre els 2,4 i els 16,9 cm d'amplada màxima de valva i dominada per individus de classe de talla més petita (10-15 cm) que en el cas de la població de Cabrera.

Reproducció

Al PN de Cabrera també s'han estudiat el desenvolupament gonadal i el cicle reproductiu de *Pinna nobilis* (Deudero *et al.*, 2017). El període de fresa pot ser un període de particular vulnerabilitat per a algunes espècies i, en concret, per a espècies hermafrodites i de vida llarga com la nacra. En poblacions de nacra del Parc de Cabrera es va analitzar mensualment, durant un cicle anual complet, la successió de les etapes de desenvolupament gonadal, la proporció de sexes i l'estat fisiològic dels animals, així com el paper del múscul adductor com a òrgan d'emmagatzematge d'energia de reserva, utilitzat en la maduració de les gònades. L'estudi revela, per als individus que viuen a 10 metres de profunditat, un sol període de fresa de tres mesos de durada. Aquest període comença al maig, amb temperatures de l'aigua al voltant dels 20°C, i arriba al seu màxim al juny-juliol. Els índexs de condició corporal dels exemplars adults disminueixen durant el període de fresa en mobilitzar-se recursos del múscul adductor cap a la gònada. Posteriorment es recuperen per assolir els valors previs a la fresa al novembre. Els resultats suggereixen que *Pinna nobilis* utilitza les reserves emmagatzemades en el múscul adductor per a la seva reproducció, com s'ha registrat en altres espècies de Pinnidae, de manera que la disminució de la força muscular podria significar una major vulnerabilitat durant el període post reproductiu (Deudero *et al.*, 2017).

Contaminants: metalls pesats i resposta fisiològica

L'augment de les pressions humanes a la costa és un factor en creixement que té efectes adversos sobre la biota i els hàbitats marins. Els organismes filtradors bentònics com la nacra són bons indicadors dels canvis en el medi marí i proporcionen informació sobre la resposta biòtica a les pressions antropogèniques. Atès que, com hem vist anteriorment, hi ha diversos factors ecològics de *P. nobilis* que difereixen de llocs prístins a llocs amb pressió antròpica, la nacra es pot emprar com a indicador primerenc per identificar possibles alteracions dels sistemes marins. Per això, es van estudiar diversos aspectes fisiològics de la nacra, tals com la concentració de metalls pesats, la resposta antioxidant, els marcadors de dany oxidatiu i producció d'espècies reactives d'oxigen en hemòcits de *Pinna nobilis* (Vázquez-Luis *et al.*, 2016, Sureda *et al.*, 2013, Natalotto *et al.*, 2015).

Les concentracions dels metalls pesats cadmi, coure, mercuri, plom i zinc (Cd, Cu, Hg, Pb i Zn) en els teixits blans de *P. nobilis* es van mesurar a Cabrera (Cala Santa Maria) i a dues localitats de Mallorca (Andratx i Magaluf) (Vázquez-Luis *et al.*, 2016). En termes generals, es van detectar elevades concentracions de metalls pesats en *P. nobilis*, cosa que indicaria una elevada bioacumulació, però gran variabilitat entre les diferents estacions. Els valors de Cd van ser molt superiors a Cala Santa Maria. Pel que fa al Cu, Hg i Pb les concentracions van ser més grans a Magaluf i a Cala Santa Maria que a Andratx. Finalment, els valors més elevats de Zn van presentar a Andratx.

En relació a l'anàlisi de marcadors de dany oxidatiu, els resultats van mostrar que els hemòcits de *P. nobilis* es veuen clarament afectats per les activitats antropogèniques. Els hemòcits responen a la pressió humana amb una resposta antioxidant capaç d'evitar el dany oxidatiu a lípids i proteïnes, de manera que tenen una certa capacitat d'adaptació davant de pressió antròpica. Els hemòcits dels llocs amb major pressió antròpica (Magaluf i Andratx) estan en un estat de preactivació per l'esclat oxidatiu com ho demostra la histoquímica i la immunohistoquímica (Sureda *et al.*, 2013, Natalotto *et al.*, 2015).

Algues invasores

Al PN de Cabrera, la població de *P. nobilis* està afectada per dues macroalgues invasores, l'alga vermella *Lophocladia lallemandii* i l'alga verda *Caulerpa cylindracea*, però es desconeixia l'abast d'aquesta colonització sobre el bivalve (Fig. 6). Els resultats dels estudis duts a terme varen mostrar que el 50% de la població de nacra està colonitzada per *Lophocladia*, mentre que *C. cylindracea* apareix de forma discreta sobre el bivalve (menys del 2%) (Vázquez-Luis *et al.*, 2014a). Així mateix, s'ha observat que la presència de *L. lallemandii* en termes de cobertura, biomassa i volum és major a 20 metres de fondària que a 10 metres. Aquestes variacions de cobertura es varen monitoritzar durant 18 mesos (2011-12) en dues localitats, a 10 i 20 m de profunditat (10 m: l'Olla i Cala Santa Maria, i 20 m: Rates i Cala Santa Maria). L'índex de cobertura va mostrar patrons similars en ambdues fondàries i llocs (Fig. 7), presentant els valors màxims al Juliol-12 a "Rates" a 20 metres de fondària i en "L'Olla" a 10 metres de fondària (2.13 ± 0.16 i 1.8 ± 0.18 respectivament). No obstant això, és important assenyalar que es va detectar un pic inesperat de cobertura de *L. lallemandii* al gener (2012) essent especialment pronunciat a l'Olla a 10 metres de fondària (1.43 ± 0.14), cosa que suggereix que les valves de *P. nobilis* podrien ser un hàbitat adequat per a aquesta espècie invasora quan la temperatura de l'aigua és menor.

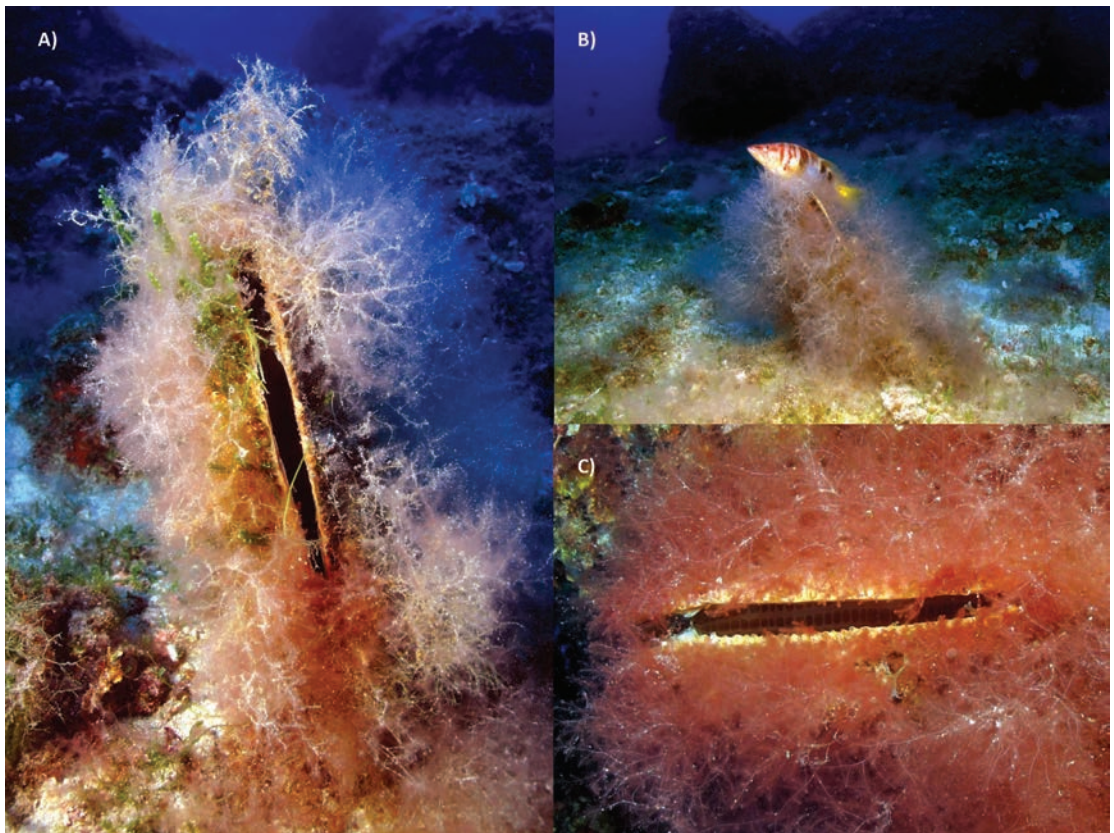


Figura 6. A) Exempler de *P. nobilis* colonitzat per les macroalgues invasores *Lophocladia lallemandii* i *Caulerpa cylindracea*; B) exempler de *P. nobilis* a 30 m de fondària en Morobutí; i C) juvenil de *P. nobilis* colonitzat per l'alga invasora *Lophocladia lallemandii*.

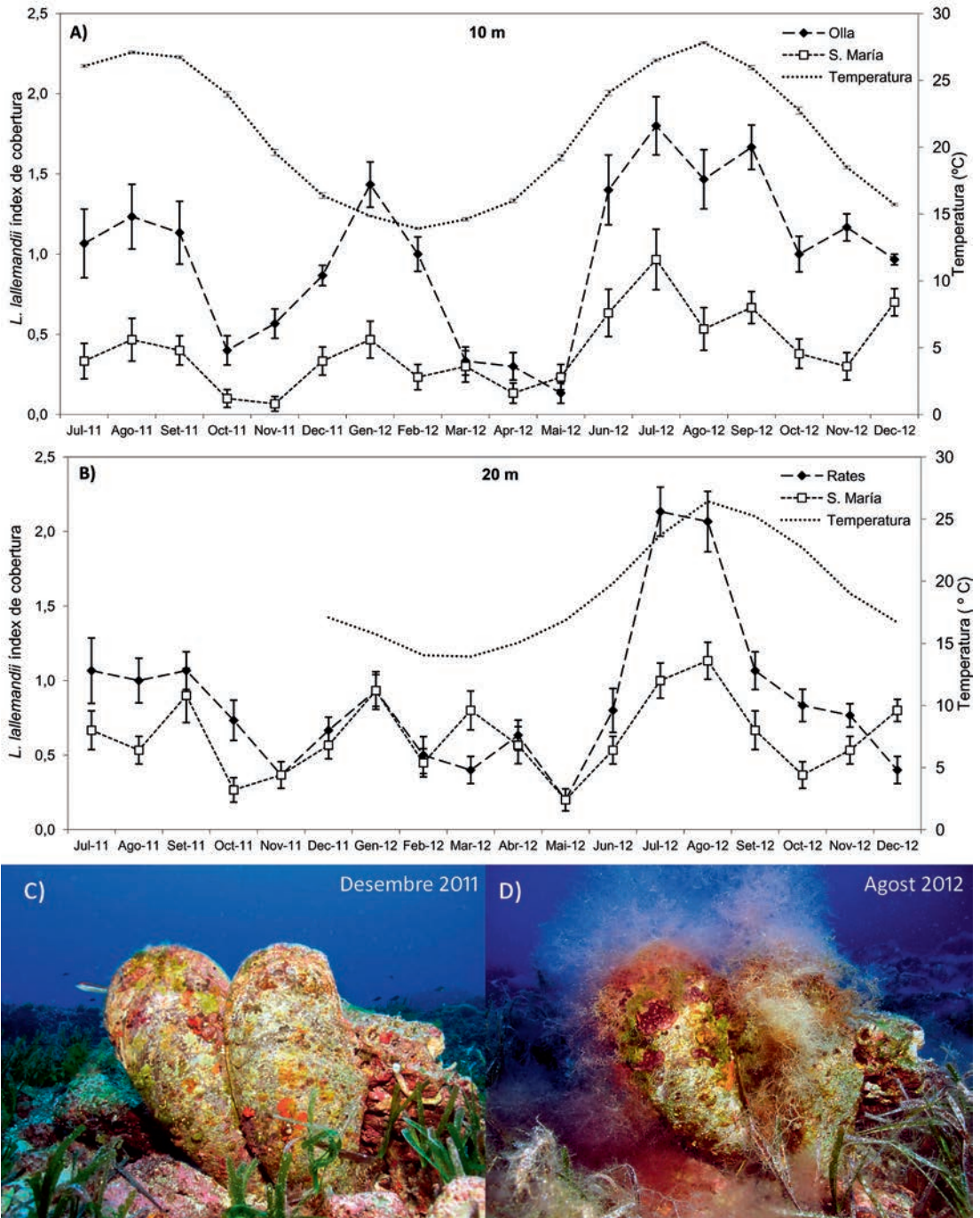


Figura 7. A) i B) Variació temporal de l'índex de cobertura de *L. lallemandii* sobre *P. nobilis* durant 18 mesos a 10 m i 20 m de profunditat en dos localitats. C) i D) Dos exemplars de *P. nobilis* al mes de desembre i agost respectivament.

Així mateix, entre abril i novembre de 2011, es van controlar mensualment els canvis en la distribució dels organismes epibionts sèssils a les valves de *P. nobilis*, i es va poder observar l'existència d'una gran variabilitat en nombre, cobertura i riquesa d'espècies de la comunitat epibiont a les closques de *P. nobilis*. També es va comprovar que, en augmentar la cobertura de *L. lallemandii*, l'índex de diversitat de la comunitat epibiont es redueix (Banach-Esteve *et al.*, 2015).

Pinna rudis

Densitat d'individus i distribució de talles de nacra de roca al PN de Cabrera

En termes generals, al Parc Nacional de Cabrera es trobaren densitats baixes de *P. rudis*, espècie que apareix distribuïda des dels 4 fins als 36 m de fondària (Vázquez-Luis i Deudero, 2014). En total s'han comptabilitzat 114 individus, dels quals el 22.8% eren morts. L'espècie és escassa a les aigües del Parc (Fig. 8), però presenta determinats punts d'alta densitat que es podrien considerar *hotspots* per a la nacra de roca. La densitat mitjana global d'exemplars de *P. rudis* a Cabrera és de 0.08 ± 0.24 ind/100 m², però aquestes densitats varien entre hàbitats (Fig. 8) (Nebot-Colomer *et al.*, 2016). Tot i que les coves representen només el 1.91% de l'àrea estudiada, la densitat mitjana de nacra de roca a les coves va ser de 1.69 ind/100 m², de manera que més del 65% de les nacres de roca censades a Cabrera es localitzaren en coves submarines. Concretament, el sífó situat a Foradada presenta les densitats més altes de *P. rudis* en tot el Parc amb 6.89 ind/100 m². Les densitats de la nacra de roca a praderies de *P. oceanica* són baixes (0.06 ind/100 m²), però destaca especialment la concentració de nacres detectades en un prat de *P. oceanica* que creix sobre substrat rocós a la zona des Freus a 10 m de profunditat, amb una densitat de 5.33 ind/100 m². En fons rocosos, fons detrítics costaners i fons arenosos, la densitat mitjana va ser, respectivament, de 0.03 ind/100 m², 0.02 ind/100 m² i 0.01 ind/100 m².

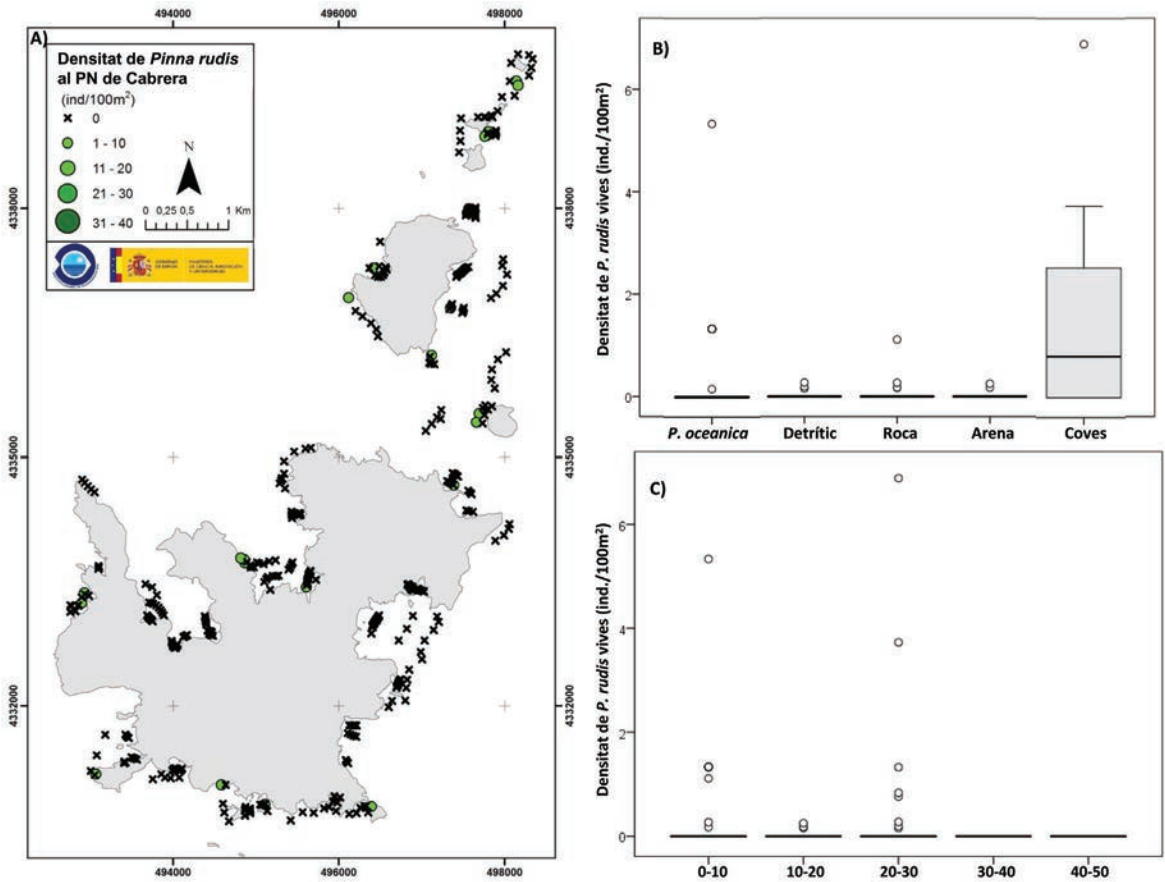


Figura 8. A) Distribució de la densitat de *P. rudis* (ind./100m²) al PN de Cabrera quantificada mitjançant censos visuals. B) Densitat de *P. rudis* (ind./100m²) al PN de Cabrera en els diferents hàbitats avaluats. C) Densitat de *P. rudis* (ind./100m²) al PN de Cabrera en les diferents cotes de profunditat avaluades. in the different surveyed habitats.

Pel que fa a la distribució de classes de talla de *P. rudis* al Parc, els exemplars censats presentaven un ampli rang de mida, amb una amplada màxima de valva d'entre 6.2 i 25 cm. L'estructura de la població va mostrar una distribució unimodal amb predominança d'individus d'entre 15 i 20 cm d'amplada (Nebot-Colomer *et al.* 2016). Paral·lelament, també es van estudiar les poblacions de *P. rudis* a les praderies de *Posidonia oceanica* de la resta d'illes de l'arxipèlag balear (Deudero *et al.*, 2015), on, com era d'esperar, la presència de *P. rudis* va ser ocasional i rara en general a totes les illes.

Edat i creixement

Pel que fa a l'edat i creixement de *Pinna rudis* a Cabrera, es va treballar amb 19 closques d'individus morts recollides durant els mostrejos de camp. El nombre màxim de registres interns comptats a les closques estudiades de *P. rudis* al Parc Nacional de Cabrera va ser de 28, en un exemplar recollit a la cova de n'Ensiola. Per contra, les closques més joves van tenir una edat d'entre un i tres anys. Els resultats semblen indicar que quan s'aplica el mètode de lectura del registre intern de la closca a la nacra de roca es produeix una pèrdua en el nombre de registres que som capaços de detectar, i podria ser que els individus tinguessin 3 anys més (així, l'individu de n'Ensiola que presentava 28 registres tindria 31 anys). Tot indica que la població de *P. rudis* està ben establerta al Parc amb gran varietat d'individus de diferents mides i edats. La majoria dels individus són adults madurs, d'entre 10 i 20 anys d'edat.

També es va estudiar la morfologia de la closca de la nacra de roca i es van identificar tres grups de morfologia diferent: grup de closca "recta i estreta", grup de closca "recta i ampla" i un tercer grup "amb formes no ben definides" (Nebot-Colomer, 2015). Al contrari del que passa amb *P. nobilis*, en la nacra de roca no s'han detectat diferències espacials en els diferents paràmetres relacionats amb el creixement de *P. rudis* (Nebot-Colomer *et al.*, 2016).

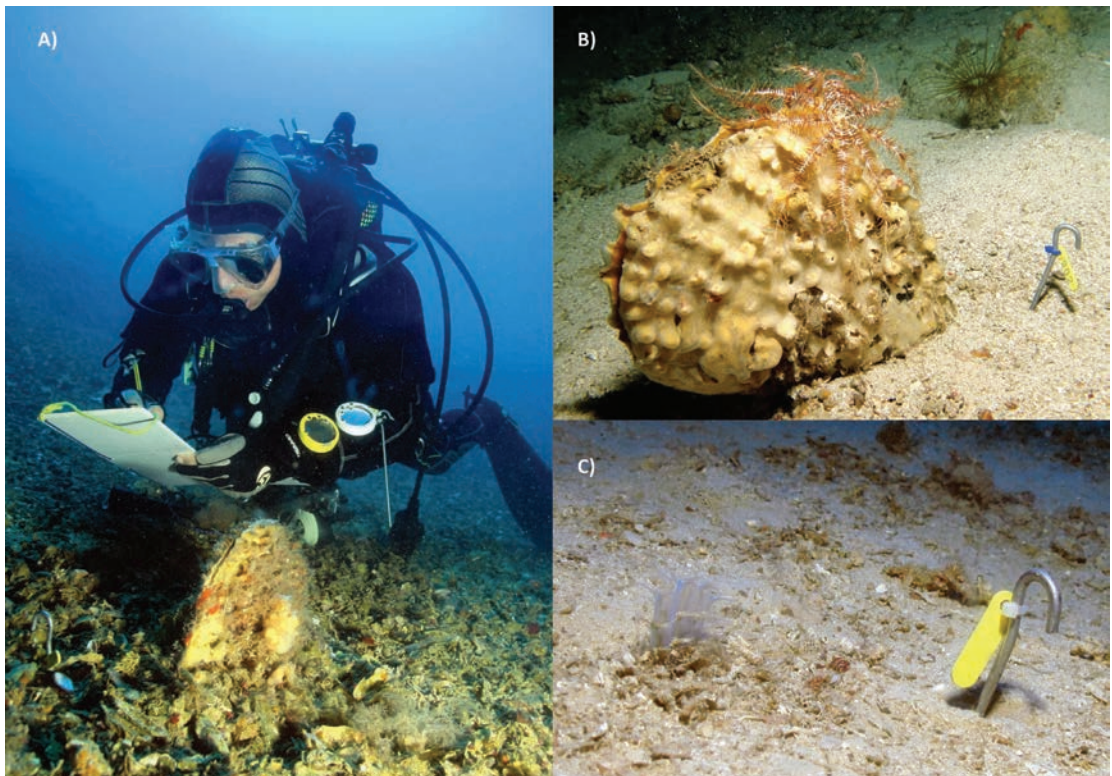


Figura 9. A) Bussejador prenent mesures d'un exemplar adult de *P. rudis* marcat a la cova d'Ensiola, on es fa el seguiment de demografia. B) Exemplar adult de *P. rudis* marcat amb una etiqueta numerada a la cova del Sifó de s'Illot de Na Foradada. C) Exemplar juvenil de *P. rudis* marcat amb una etiqueta numerada a la cova d'Ensiola.

Demografia de poblacions

Durant el seguiment de les poblacions de *P. rudis* al PN de Cabrera s'han mostrejat 5 coves o cavitats, en les que s'han marcat un total de 72 exemplars. S'ha dut a terme un seguiment irregular entre 2013 i 2018, període durant el qual s'han realitzat 4 visites (2013, 2014, 2017 i 2018). Les coves estan situades en un rang de profunditat que varia entre els 22 i 36 m (Fig. 9 i Fig. 10). La supervivència dels individus marcats ha estat elevada en quatre de les cinc coves visitades, amb una supervivència superior al 70% dels individus marcats inicialment en 2013. S'han obtingut estimes demogràfiques de les poblacions de 3 de les coves estudiades. En totes elles la taxa de creixement net de la població és positiva, el nombre total d'exemplars ha augmentat durant el període d'estudi. No obstant això, són poblacions que destaquen pel seu elevat dinamisme, amb taxes de reclutament elevades i on el reclutament ha suposat en aquest període una renovació de la població que supera el 40% del total dels exemplars censats.

Algues invasores

Es va estudiar la colonització per macroalgues invasores a la nacra de roca (Fig. 10). Els resultats van ser baixos, i tan sols el 16% de *P. rudis* estan colonitzades per *Lophocladia lallemandii* i el 5.7% per *Caulerpa cylindracea*. La colonització de les valves de la nacra de roca va variar depenent de l'hàbitat estudiat, presentant el valors més baixos de colonització les coves submarines, presumiblement a causa de la manca de llum (Nebot-Colomer, 2015).

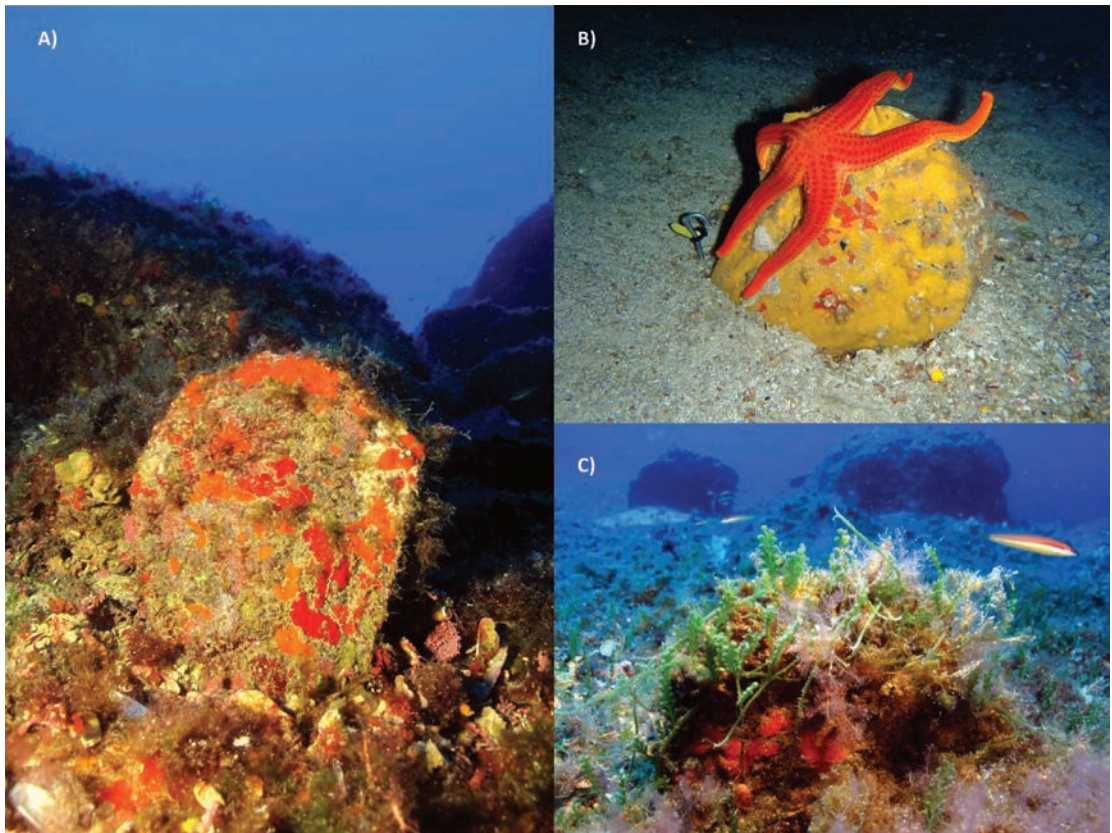


Figura 10. A) Exemplar adult de *P. rudis* sobre fons detrític a la cova del Sifó. B) Exemplar adult de *P. rudis* sobre fons detrític al Sifó de s' Illot de Na Foradada. C) Exemplar de *P. rudis* epifitat per les macroalgues invasores *Lophocladia lallemandii* i *Caulerpa cylindracea* a 36 m de fondària.

ESDEVENIMENT DE MORTALITAT MASSIVA DE *P. nobilis* 2016

Malauradament, ara aquesta situació ha canviat dràsticament. Des de la tardor de 2016 les poblacions de nacra han experimentat una mortalitat massiva sense precedents que n'està fent desaparèixer les poblacions a tot el territori nacional i el PN de Cabrera no n'ha estat una excepció (Fig. 11). El causant d'aquesta mortalitat és una espècie nova de protozou paràsit, *Haplosporidium pinnae*, que parasita el teixit connectiu i la glàndula digestiva de la nacra provocant una elevada resposta inflamatòria i una disfunció orgànica greu (Catanese *et al.*, 2018). L'animal no es pot alimentar correctament, s'aprima i debilita fins que mor. Aquest protozou es caracteritza per presentar espores resistents que forma a l'interior de la nacra i que expulsa a la columna d'aigua. Els efectes de la infecció sobre les poblacions de *P. nobilis* són molt letals, amb taxes de mortalitat del 100% a quasi tot el territori espanyol (Vázquez-Luis *et al.*, 2017a). En el marc d'aquest esdeveniment de mortalitat massiva, el PN de Cabrera és una de les localitats que juga un paper principal en l'intent de conservar l'espècie. En primer lloc i tal com s'ha explicat abans, és un àrea climàtica per a l'espècie molt ben estudiada i de la que es tenia un coneixement detallat de les poblacions de nacra; en segon lloc, és una de les poques zones on s'han detectat supervivents a l'onada de mortalitat; i, finalment, al PN s'ha dut a terme la primera translocació d'individus resistents en la història.

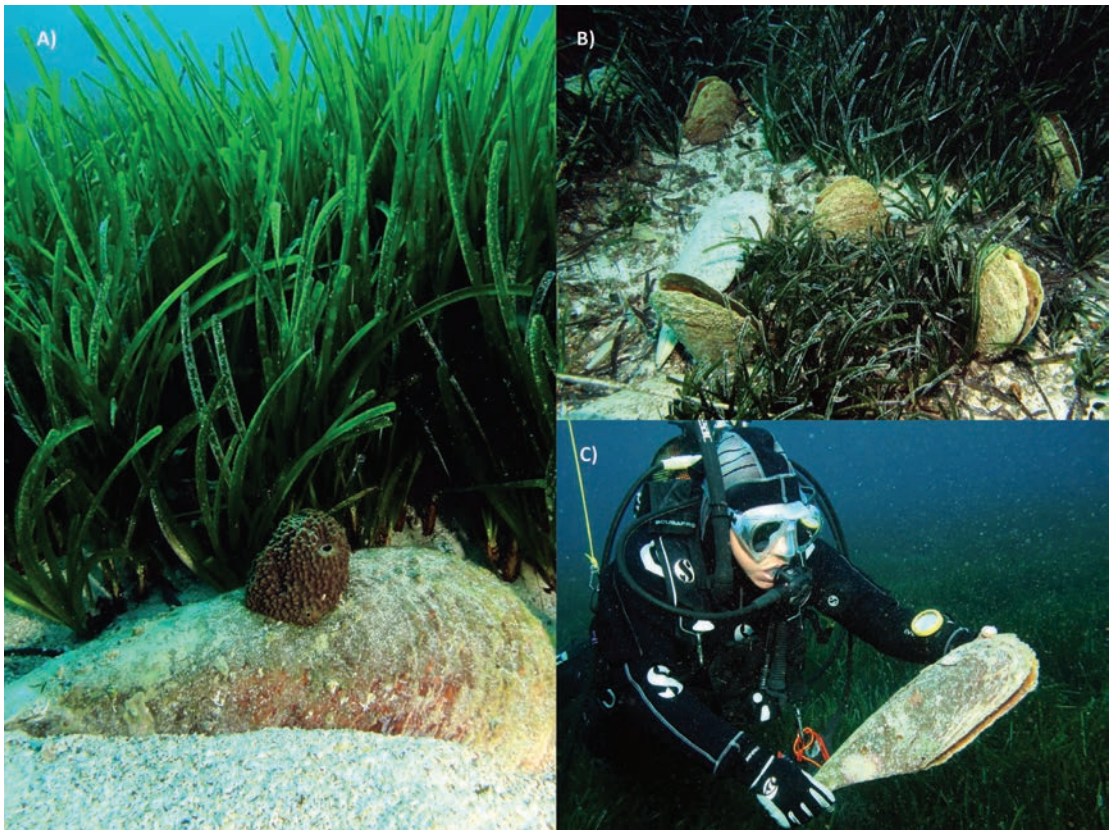


Figura 11. A) Amb el pas del temps la major part de les closques de les nacres mortes queden rompudes, enterrades i passen a formar part del sediment. B) Exemples adults de *P. nobilis* morts i encara dempeus en una de les parcel·les de demografia de Santa Maria a 10 m. C) Bussejador recollint un dels exemplars de *P. nobilis* morts i marcats amb massilla del que es feia seguiment des de 2011 a les parcel·les de demografia de Santa Maria a 10 m.

Després de la detecció, en 2016, de l'esdeveniment de mortalitat massiva que estava patint *P. nobilis*, s'han dut a terme diverses campanyes i nombroses sortides al mar al Parc Nacional de Cabrera per avaluar l'estat de les poblacions, realitzar accions de conservació i monitoritzar l'evolució de les nacres que encara resten vives. A Cabrera és al novembre (2016) quan es detecten per primera

vegada els efectes de la malaltia, amb una mortalitat del 87% de les nacres a la localitat de Rates, a 20 m de profunditat. Posteriorment, al desembre (2016), l'esdeveniment va ser confirmat pel personal del Parc a les zones del Port i de Cala Santa Maria amb l'observació d'un gran nombre d'exemplars morts. El març de 2017 es censaren les nacres de dues localitats amb densitat de nacres coneguda, Cala Santa Maria, a 10 i 20 m de profunditat, i Rates, a 20 m, per determinar l'abast de l'esdeveniment. Els resultats van ser aterridors ja que les mortalitats van ser del 86.3%, 97.9% i 94.4% respectivament. A més, els pocs individus vius que es van detectar durant les immersions presentaven símptomes inequívocs de malaltia: tancament lent de les valves, pèrdua de força a la pressió i recessió del mantell. Es va recollir un d'aquests individus malats per comparar-lo amb altres exemplars que s'estaven recollint a localitats fora del Parc i dur a terme anàlises conèixer l'agent causant de la malaltia. El maig de 2017 es va fer la revisió de les parcel·les de demografia instal·lades a l'interior del parc, confirmant-se una vegada més les elevades mortalitats al Parc, amb una mortalitat del 100% de les nacres marcades des de 2011, i on tampoc es va localitzar cap individu juvenil. Durant aquesta darrera campanya es va trobar un exemplar molt malalt a la localitat de Morabatí, que es va recollir per a la seva anàlisi. Tots dos, aquest darrer i el recollit el mes de març, varen donar positiu, tant per l'anàlisi histològica com la molecular a la presència del paràsit *Haplosporidium pinnae* (Catanese *et al.*, 2018).

Durant l'estiu de 2017, quan tots els esforços dels equips de investigació i voluntaris (ciència ciutadana) de Balears, es centraven en la recerca de supervivents, al PN de Cabrera es localitzaren 3 exemplars de nacra vius. Un d'ells per un pescador a 24 m, prop de l'illa de Rodona, i els altres dos per un bussejador voluntari, a la zona des Castell, però que presentaven símptomes evidents de malaltia. Malauradament, només un d'aquests 3 exemplars ha resultat resistent a la malaltia, mentre que els altres dos al novembre (2017) ja s'havien mort. L'exemplar supervivent ha superat la malaltia i a hores d'ara (2018) es troba en bones condicions (Fig. 12).



Figura 12. A) Exemplar de *P. nobilis* supervivent amb una gàbia d'exclusió de depredadors per afavorir-ne la supervivència. B) Un dels tres exemplars de *P. nobilis* supervivents de 2017, però que va morir a finals d'any. C) Bussejador col·locant una pròtesi abans de la replantació a una de les dues nacres supervivents de Mallorca traslladades a Cabrera.

Pel llarg historial d'estudi de la nacra i pel bon estat de conservació general, es considera que el PN de Cabrera és un dels llocs clau per dur a terme accions encaminades a una futura recuperació de l'espècie. Per això, el Servei de Protecció d'Espècies del Govern de les Illes Balears i el Parc Nacional de Cabrera varen decidir ubicar a la zona de màxima protecció da Cala Santa Maria tots els exemplars supervivents coneguts a Mallorca que estiguessin en zones de risc no òptimes per a la seva supervivència (3 a principis de 2018), per tal d'afavorir la supervivència dels exemplars i la reproducció de l'espècie. D'aquest trasllat s'ha fet càrrec el Centre Oceanogràfic de Balears (IEO) amb el suport del propi Parc Nacional i de la Direcció General de Pesca i Medi Marí, i pel juny de 2018 ja s'havien reubicat dues de les tres supervivents conegudes. Així mateix, per minimitzar la mortalitat per depredació se'ls ha protegit amb gàbies d'exclusió de depredadors. A hores d'ara podem dir que al PN de Cabrera els efectes de l'episodi de mortalitat massiva han estat devastadors, ha mort més del 99% de la població, però accions com les que s'estan portant a terme ens donen un bri d'esperança.

Pel que fa a la nacra de roca, no s'ha detectat mortalitat anòmala ni al Parc Nacional de Cabrera ni a les altres zones estudiades. És més, cap exemplar manifestava símptomes de malaltia i s'han observat alguns reclutes en les revisions demogràfiques realitzades en 2017 i 2018. Fins i tot, dos exemplars de *P. rudis* de Cabrera varen ser analitzats per histologia i eines moleculars, amb resultat d'absència d'*Haplosporidium pinnae* a la nacra de roca (Catanese *et al.*, 2018).

DISCUSSIÓ

Al Parc Nacional de Cabrera, *Pinna nobilis* és un exemple del que la protecció pot fer per a la recuperació d'una espècie. Les densitats de nacres quantificades a Cabrera eren de les més elevades de la Mediterrània, amb màxims de 37,33 ind./100 m² (Vázquez-Luis *et al.*, 2014a; Basso *et al.*, 2015), essent també molt superiors a les d'altres zones de la resta de les Illes Balears (Deudero *et al.*, 2015). De fet, en la localitat de Cabrera on es mesuraren les màximes densitats, l'any 2000 Coll i col·laboradors, 9 anys després de la declaració del Parc, havien censat 3,3 ind./100 m². A la mateixa zona, després de 20 anys de la declaració del Parc, la densitat de nacres s'havia multiplicat per 11 (37 ind./100 m²). Aquesta dada és indicativa de la importància que ha tingut la figura de protecció de Parc Nacional en el manteniment de les poblacions de nacres de Cabrera, que possiblement actuaven com a reservori de pool larvari i genètic per a poblacions ubicades fora del Parc. Les dades a Cabrera apunten a que les densitats eren màximes en zones de praderia de posidònia, destacant individus de gran talla en profunditat, i que les majors taxes de reclutament es produïen a cotes someres. L'anàlisi de l'estructura de talles indica que es tractava de una població madura i estructurada amb un elevat percentatge d'individus reproductors. Per tant, el cas de la nacra demostra que la protecció de zones amb l'exclusió d'activitats humanes (fondeig, pesca, abocaments, entre d'altres) serveix per al manteniment i la recuperació de poblacions d'espècies vulnerables. No obstant això, la recent mortalitat massiva de *P. nobilis* ha posat de manifest una amenaça inesperada, un patogen, d'efectes devastadors, que ha provocat la re-catalogació de la nacra, de *Vulnerable* a en *Perill d'Extinció* i en *Situació Crítica* a nivell nacional, per l'Administració de l'Estat (Orden TEC/1078/2018); y ha estat recentment inclosa en la llista vermella de la UICN com a "Critically Endangered" (Kersting *et al.* 2019).

Pel que fa al seguiment demogràfic, es precisa una presa de dades a llarg termini per obtenir una correcta informació sobre l'evolució de les poblacions (reclutament i mortalitat). L'esdeveniment de mortalitat massiva ha trencat la nostra sèrie de dades i només disposem de la informació del període 2011-2015, tot i que ja es poden observar tendències. Les taxes de mortalitat observades a Cabrera eren baixes quan es comparen amb les d'altres estudis similars, com el de García-March *et al.* (2007), que estudiaren una població a dues cotes de profunditat (6 i 13 m) i on la taxa de mortalitat era més alta a la cota somera. L'estudi de les poblacions de nacra a Cabrera mostra una població madura i estructurada, que molt possiblement havia arribat a l'equilibri, però que durant els 20 anys de protecció probablement havia passat per un període de creixement net positiu, amb altes taxes de reclutament, des de una situació inicial, en els anys 90, en que l'espècie estava present però no era abundant (Ballesteros *et al.*, 1993) amb un increment progressiu de la densitat entre 2000 (9 anys de protecció) y 2011 (20 anys de protecció). Tot això fa pensar en l'existència de mecanismes de densodependència i autoregulació de les poblacions.

Les estimes d'abundància i, més important encara, les tendències d'aquestes estimes, són un requisit previ per a l'avaluació de l'estat de les espècies i per a la proposta de mesures immediates que garanteixin la viabilitat de les poblacions locals (Katsanevakis i Thessalou-Legaki 2009). Després de més de 20 anys de protecció efectiva i d'exclusió d'impactes antròpics al Parc Nacional de Cabrera, el projecte PINNA va ser el primer i únic estudi que es va realitzar sobre l'evolució de les poblacions de *P. nobilis* al Parc i que en va proporcionar mapes de distribució espacial. Actualment, aquesta informació és de gran rellevància perquè, després de la mortalitat massiva, a moltes de les estacions on s'avaluà la població de nacres ja no queda cap vestigi (ni les closques) de la seva presència anterior i, per tant, no és possible inferir on habitava aquesta espècie.

El coneixement de les àrees on hi havia les millors poblacions de nacra és una informació indispensable per poder afrontar en un futur possibles tasques de repoblació. En aquest sentit, el Parc Nacional de Cabrera és, sens dubte, una de les millors àrees on dur a terme programes de reubicació i/o reintroducció d'exemplars, tant per a l'àmbit balear com a per a l'espanyol. D'altra banda, la recerca i localització d'exemplars resistents a la malaltia és fonamental perquè l'espècie pugui superar aquesta crisi. Potser per a Cabrera, amb només 3 exemplars vius, la recuperació de les poblacions de nacra no sigui possible a mitjan termini i s'hagi d'afrontar l'extinció de l'espècie al Parc i, de moment, la prioritat és mantenir vius els exemplars resistents i dur a terme accions per incrementar-ne les possibilitats de supervivència. Així, és bàsic protegir qualsevol exemplar de nacra que aparegui en el medi i, en aquest sentit, les experiències amb juvenils desenvolupades en el marc del projecte PINNA són molt útils perquè demostraren que l'esperança de vida dels reclutes és major quan es mantenen en bosses de xarxa individuals a la columna d'aigua en un medi oligotròfic com Cabrera (Alomar *et al.*, 2015). La supervivència amb aquest mètode és molt més gran que si els juvenils són reimplantats en el fons marí sense protecció, augmentant la mortalitat en fondària, ja que la praderia a 20 m ofereix manco protecció que a 10 m (Morató, 2013).

Respecte de *Pinna rudis*, els estudis en marxa proporcionen informació valuosa sobre la seva biologia i ecologia. La nacra de roca no s'ha vist afectada per l'esdeveniment de mortalitat massiva, i per tant les dades generades als estudis, en particular el seguiment demogràfic de les parcel·les permanents, permetran realitzar una gestió i seguiment efectiu de les poblacions d'aquesta espècie protegida al Parc. És important reiterar que els seguiments a llarg termini han demostrat ser de gran utilitat per avaluar l'evolució de les poblacions, sobretot en el cas d'espècies sèssils (Marbà *et al.*, 2005). Pel que fa a les densitats de la nacra de roca, els resultats d'aquest estudi són comparables amb els estudis previs realitzats en altres àrees marines protegides (0,25 ind./100 m², a Scandola (Còrsega) i 0,30 ind./100 m² a Columbrets (Trigos *et al.*, 2013). Al Parc Nacional de Cabrera les densitats de *P. rudis* en tots els hàbitats són baixes, presentant-se les més altes a les coves, hàbitat que representa només l'1,91% de la superfície total explorada. Concretament, la localitat de tot el Parc Nacional amb major densitat de nacra de roca va ser el Sifó de s'illot de Na Foradada (6.89 ind./100 m²), una cova tubular en forma d'embut, d'entre 26 i 34.5 m de fondària, amb fons de detrític costaner. Aquesta és la densitat més alta registrada a tot el món, la qual cosa indica que es tracta d'una localitat òptima per a l'acumulació preferent i assentament de larves de nacra de roca. La densitat de individus en els prats de *Posidonia oceanica* va ser, en general, molt baixa però es va localitzar una població de 5,3 ind./100 m² a Es Freus, a 10 m de profunditat, possiblement perquè la praderia creixia sobre substrat rocós. Pel que fa a l'edat i el creixement de *P. rudis*, la població que habita el Parc està ben establerta, amb una gran varietat d'individus de diferents mides i edats, tenint la majoria dels individus entre 10 i 20 anys.

Com a recomanacions finals, es important remarcar la importància de dur a terme mesures de gestió enfocades a recuperar la nacra (*Pinna nobilis*) al Parc Nacional de Cabrera. Pel que fa a la nacra de roca, *Pinna rudis*, hauria de ser una prioritat establir un programa de seguiment, en particular a les àrees de major densitat, per obtenir sèries de dades demogràfiques de *Pinna rudis* a llarg termini. També és molt recomanable, per a la conservació i gestió d'aquesta espècie, l'establiment d'àrees de reserva integral en els llocs de major densitat.

Així mateix, els coneixements obtinguts sobre les dues espècies de nacra són d'elevat interès per a la conservació d'altres espècies sèssils vulnerables. No podem oblidar que l'estat de conservació

de la diversitat biològica és un 11 descriptors específics inclosos en els futurs programes europeus d'Estratègia Marina (MSFD 2008/56/EC), dirigits a aconseguir el Bon Estat Ambiental (BEA) en 2020. Els impactes antròpics a les àrees costaneres estan en augment, amb efectes acumulatius. El coneixement de la biologia i ecologia de les espècies en perill i dels ecosistemes als que estan vinculades és essencial per prendre mesures de gestió adequades, tant del Parc Nacional de Cabrera com, potencialment, del conjunt del litoral mediterrani.

AGRAÏMENTS

El present treball s'ha finançat gràcies a la concessió del projecte 024/2010 del programa Investigació en la Red de Parques Nacionales (Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministeri de Medi Ambient, Medi Rural i Marí). Agraïm a les autoritats gestores del PNMTAC, així com a l'equip de guardes i vigilants, la seva col·laboració en diverses etapes durant el desenvolupament del projecte. També agraïm a Jaume Ferrer el suport logístic al llarg del projecte. MV està contractada amb un contracte postdoctoral cofinançat pel Govern de les Illes Balears i el Fons Social Europeu 2014-2020, i per un contracte postdoctoral Juan de la Cierva-Incorporación (IJCI-2016-29329) del Ministeri de Ciència, Innovació i Universitats. EA també compta amb el suport d'un contracte de Personal Tècnic de Suport (PTA2015-10829-I) finançat pel Ministeri d'Economia i Competitivitat. Estem molt agraïdes per la gran col·laboració de col·legues i voluntaris que han participat des de diverses institucions: Alejandro Bernal, Amalia Grau, Antoni M. Grau, Ariadna Tor, Carlos García, Carlos Morell, Carlos Valle, Carmen Alomar, Cristina Gonzalez, Dani Ottmann, Darren Hanlon, David Díaz, Diana López, Elisabet Nebot, Fernando Estarellas, Florencia Bibbo, Fran Fuster, Gaetano Catanese, Gàlia Banach Esteve, Guillem Mateu, Irina Sánchez, Iris Hendriks, J.A. Campillo, Judit Jiménez, Juan Ignacio Movilla, Jose Rafael Garcia-March, Joseph A. Borg, Kika Magraner, Laura Lozano, Lorena Basso, Marga Cerdá, Mario Minguito, Mercè Morató, Micaela García, Miguel Cervantes, Miquel Cabanellas, Montse Arenós, Nino Nataloto, Pablo Arechavala, Patrick Schembri, Pedro Collado, Piluca Sarriera, Raquel Goñi, Toni Frau, Toni Sureda, Txema Brotons, voluntaris FEDAS (José Cordon, Andrés Arenas, Luis Martínez i Joan Calvo) i Xisco Ordinas. A més, és impossible esmentar aquí a totes les persones que, d'una manera o d'una altra, estan participant enviant informació, en els treballs de seguiment, de rescat i de conservació d'individus,... Per això volem agrair a totes les persones i institucions la seva tasca i col·laboració en aquests moments tan difícils per a *Pinna nobilis*.

REFERÈNCIES

- Alomar, C., Vázquez-Luis, M., Magraner, K., Lozano L. i Deudero, S., 2015. Evaluating stable isotopic signals at bivalve *Pinna nobilis* under different human pressures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 467: 77-86 <http://doi:10.1016/j.jembe.2015.03.006>
- Arenós, M., 2013. *Influence of environmental factors on morphometric differences on Pinna nobilis shells deciphered by biometric analyses*. Master's thesis supervised by: S. Deudero, M. Vázquez-Luis and J.R. García-March. Master in Marine Ecology, UIB. Inèdita
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., García-Rubies, A. i Turon, X., 1993. El bentos: les comunitats (687-730 pp) In: Història natural de l' Arxipèlag de Cabrera. Fornós, J.J., Ballesteros, E. i Alcover, J.A.(eds.). *Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, Palma, ISBN: 978-84-273-0703-2, 778 pp
- Banach-Esteve, G., Vázquez-Luis, M. i Deudero, S., 2015. Temporal trends in sessile epibionts of the endemic bivalve *Pinna nobilis*: variability in *Lophocladia lallemandii* colonization. *Thalassas*, 31(2): 19-29
- Barea, J.M., Ballesteros, E. i Moreno, D., 2008. *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*. 4 Toms. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 1430 pp
- Basso, L., Vázquez-Luis, M., García-March, J.R., Deudero, S., Álvarez, E., Vicente, N., Duarte, C.M. i Hendriks, I.E., 2015. The Pen Shell, *Pinna nobilis*: A Review of Population Status and Recommended Research Priorities in the Mediterranean Sea. *Adv. Mar. Biol.*, 71: 109-160. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2015.06.002>
- Berard, G., 1789. Viaje a las Villas de Mallorca. Luis Ripoll editor. Ed. del Ajuntament de Palma, 1983.
- Catanese, G., Grau, A., Valencia, J.M., García-March, J.M., Vázquez-Luis, M., Álvarez, E., Deudero, S., Darriba, S., Carballal, M.J. i Villalba, A., 2018. *Haplosporidium pinnae* sp.nov., a haplosporidan parasite associated with massive mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *J. Invertebr. Pathol.*, 157: 9-24.
- Coll J., Alvarez E., Abad R. i Font A., 2000. Evaluación y control ambiental de algunos indicadores del estado de conservación del medio bentónico en aguas del Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera.

- Informe tècnic. Pandion 31 pp.
- Deudero, S., Vázquez-Luis, M. i Álvarez, E., 2015. Human stressors are driving coastal benthic long-lived sessile *Pinna nobilis* population structure more than environmental stressors. *PlosONE* 10(7): e0134530. doi:10.1371/journal.pone.0134530, 1-14
- Deudero, S., Grau, A., Vázquez-Luis, M., Álvarez, E., Alomar, C. i Hendriks, I. E., 2017. Reproductive investment of the pen shell *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 in Cabrera National Park (Spain). *Mediterranean Marine Science*. 18/2: 271-284. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.1645>
- García-March, J.R. 2003. Contribution to the knowledge of the status of *Pinna nobilis* (L.) 1758 in Spanish coasts. Tesi Doctoral. *Mem. Inst. Oc. Paul Ricard*: 29-41. Inèdita
- García-March, J.R. i Kersting, D.K., 2006. Preliminary Data on the Distribution and Density of *Pinna nobilis* and *Pinna rudis* in the Columbretes Islands Marine Reserve (Western Mediterranean, Spain). In: *Internacional Congress on Bivalvia, 22-27 July 2006. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Catalunya, Spain*
- García-March, J.R., García-Carrascosa, A.M., Cantero, A.L.P. i Wang, Y.G., 2007. Population structure, mortality and growth of *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Bivalvia) at different depths in Moraira bay (Alicante, Western Mediterranean). *Marine Biology*, 150: 861-871.
- García-March J.R., Hernandis S., Vázquez-Luis M., Prado P., Deudero S., Vicente N, Tena-Medialdea J. (2020). Age and growth of endangered fan mussel *Pinna nobilis* in the western Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 153: 104795
- Giacobbe, S. i Leonardi, M., 1987. *Les fonds à Pinna du Détroit de Messine*. Doc. Et Trav. IGAL, 11, 253-254.
- Katsanevakis, S., 2007. Growth and mortality rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach. *Marine Biology* 152: 1319-1331.
- Katsanevakis, S. i Thessalou-Legaki, M. 2009. Spatial distribution, abundance and habitat use of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in Souda Bay, Crete. *Aquatic Biology*, 8: 45-54.
- Kersting D, Benabdi M, Čížmek H, Grau A, Jimenez C, Katsanevakis S, Ozturk B., Tuncer S, Tunesi L, Vázquez-Luis M, Vicente N, Otero Villanueva M. 2019 *Pinna nobilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T160075998A160081499.en>
- Lozano L., 2013. *Influence des facteurs environnementaux sur les paramètres biologiques et morphologiques du bivalve endémique de la Méditerranée Pinna nobilis*. Final degree project supervised by: S. Deudero and M. Vázquez-Luis. Master 1 mention «Géosciences Marines et Environnements Aquatiques». Université de Perpignan, France. Inèdita
- Marbà, N., Duarte, C.M., Cebrian, J., Gallegos, M.E., Olesen, B. i Sandjensen, K., 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: Elucidating seagrass decline. *Marine Ecology-Progress Series* 137: 203-213.
- Marbà, N., Duarte, C.M., Díaz-Almela, E., Terrados, J., Álvarez, E., Martínez, R., Santiago, R., Gacia, E. i Grau, A.M., 2005. Direct Evidence of Imbalanced Seagrass (*Posidonia oceanica*) Shoot Population Dynamics in the Spanish Mediterranean. *Estuaries* 28: 53-62.
- Martínez, A., Trigos, S., García-March, J.R., Vicente, N. i Torres, J., 2014. Comparative study of growth of the endangered bivalve *Pinna nobilis* in marine protected areas vs. unprotected areas of the western Mediterranean Sea. *XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, 2-5 setembre 2014. SIEBM, Gijón, Spain*
- Morató, M., 2013. Avaluació de la contaminació per metalls pesats al bivalve *Pinna nobilis* i experiència de sembra de juvenils com a proposta de gestió activa. Tesi de màster supervisada per S. Deudero i M. Vázquez-Luis. *Màster Universitari d'Anàlisi, Planificació i Gestió d'Àrees Litorals*, UIB. Inèdita
- Natalotto, A., Sureda, A., Maisano, M., Spanò, N., Mauceri, A. i Deudero, S., 2015. Biomarkers of environmental stress in gills of *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) from Balearic Island. *Ecotoxicology and Environmental safety*, 122: 9-16.
- Nebot-Colomer, E. 2015. *First evaluation of density, distribution, epiphytism, size structure, morphology, age and growth of Pinna rudis (Linnaeus, 1758) in Cabrera National Park*. Projecte final de grau supervisat per S. Deudero i M. Vázquez-Luis. Grau en Ciències Marines, Facultat de Ciències, UA. Inèdita.
- Nebot-Colomer, E., Vázquez-Luis, M., García-March, J.R. i Deudero, S., 2016. Population Structure and Growth of the Threatened Pen Shell, *Pinna rudis* (Linnaeus, 1758) in a Western Mediterranean Marine Protected Area. *Mediterranean Marine Science*, 17 (3): 785-793. DOI: 10.12681/mms.1597
- Poppe, G.T. i Goto, Y., 1993. *European seashells*. Vol 2. Verlag Christa Hemmen. Wiesbaden, Germany, 57-72.
- Rabaoui, L., Zouari, S.T., Katsanevakis, S. i Ben Hassine, O.K., 2007. Comparison of absolute and relative growth patterns among five *Pinna nobilis* populations along the Tunisian coastline: an information theory approach. *Marine Biology* 152: 537-548.
- Richardson, C.A., Kennedy, H., Duarte, C.M., Kennedy, D.P. i Proud, S.V., 1999. Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology* 133: 205-212.
- Rouanet, E., Trigos, S. i Vicente, N., 2015. From youth to death of old age: the 50-year story of a *Pinna nobilis* fan mussel population at Port-Cros Island (Port-Cros National Park, Provence, Mediterranean Sea). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 29: 209-222.
- Sureda, A., Natalotto, A., Álvarez, E. i Deudero, S., 2013. Increased antioxidant response and capability to produce ROS in hemocytes of *Pinna nobilis* L. exposed to anthropogenic activity. *Environmental Pollution*, 181: 321-324.
- Templado, J., Calvo, M., A., G., Luque, A.A., Maldonado, M. i Moro, L., 2004. *Guía de invertebrados y peces marinos*

- protegidos por la legislación nacional e internacional. Serie Técnica Naturaleza y Parques Nacionales. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid. ISBN:84-8014-473-4 pp. 1-195*
- Trigos, S., Vicente, N., García-March, J.R., Jiménez, S. i Tena, J., 2013. Presence of *Pinna nobilis* and *Pinna rudis* in the Marine Protected Areas of the North Western Mediterranean. In: *3rd International Marine Protected Areas Congress, Marseille and Corsica, 21-27 October 2013, France.*
- Vázquez-Luis, M., Banach-Esteve, G., Álvarez, E. i Deudero, S., 2014a. Colonization on *Pinna nobilis* at a Marine Protected Area: extent of the spread of two invasive seaweeds. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S002531541400037X>
- Vázquez-Luis, M., March, D., Álvarez, E., Alvarez-Berastegui, D. i Deudero, S., 2014b. Spatial distribution modelling of the endangered bivalve *Pinna nobilis* in a Marine Protected Area. *Mediterranean Marine Science*, 15/3: 626-634.
- Vázquez-Luis, M. i Deudero, S., 2014. *Informe final proyecto PINNA 024/2010. Informe tècnic. Instituto Español de Oceanografía-Organismo Autónomo de Parques Nacionales. pp. 1-80.*
- Vázquez-Luis, M., Borg, J.A., Morell, C., Banach-Esteve, G. i Deudero, S., 2015a. Influence of boat anchoring on *Pinna nobilis*: a field experiment using mimic units. *Marine and Freshwater Research*, 66(9) 786-794 <https://doi.org/10.1071/MF14285>
- Vázquez-Luis, M., Álvarez, E. i Deudero, S., 2015b. Estado de conservación del bivalvo amenazado *Pinna nobilis* en el Parque Nacional de Cabrera. En: *Proyectos de investigación en parques nacionales 2010-2013. En: Amengual, J. i Asensio, B. (Eds.). Naturaleza y Parques Nacionales, Serie de investigación en la red. Madrid, España, ISBN: 978-84-8014-870-2. 339-358 pp. (409pp)*
- Vázquez-Luis, M., Morató, M., Campillo, J.A., Guitart, C. i Deudero, S., 2016. High metal contents in the fan mussel *Pinna nobilis* in the Balearic Archipelago (Western Mediterranean Sea) and a review of concentrations in marine bivalves (Pinnidae). *Scientia Marina* 80(1): 111-122 DOI: 10.3989/scimar.04255.24B.
- Vázquez-Luis, M., Alvarez, E., Barrajon, A., Garcia-March, J.R., Grau, A., Hendriks, I.E., Jimenez, S., Kersting, D., Moreno, D., Pérez, M., Ruiz, J.M., Sanchez, J. I Villalba, A., 2017a. S.O.S. *Pinna nobilis*: a mass mortality event in western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science, section Marine Ecosystem Ecology*. Volume 4, Article 220
- Vázquez-Luis, M., Álvarez, E. i Deudero, S., 2017b. Proposal of Action Plan for *Pinna nobilis* in the Mediterranean Sea in the frame of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Informe tècnic. Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Baleares, 53 pp. Inèdit
- Zavodnik, D., Hrs-Brenko, M. i Legac, M., 1991. Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic sea. In: Boudouresque, C.F., Avon, M. i Gravez, V. (eds) *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée. Posidonie publ.* Marseille. Marseille 169-178.

LES COVES SUBMERGIDES DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

David Díaz

 Instituto Español de Oceanografía,
 Centre Oceanogràfic de les Balears,
 Palma

david.diaz@ieo.es
Enric Ballesteros

 Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC,
 Girona

Emma Cebrián

 Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC.
 Institut d'Ecologia Aquàtica,
 Universitat de Girona

Eneko Aspillaga

 Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals,
 Universitat de Barcelona

Anabel Muñoz

 Instituto Español de Oceanografía,
 Centre Oceanogràfic de les Balears,
 Palma

Díaz, D., Ballesteros, E., Cebrián, E., Aspillaga, E. i Muñoz, A. (2020). Les coves submergides de l'arxipèlag de Cabrera. *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM:

Es descriuen breument un total de 17 sistemes cavernícoles submergits de l'arxipèlag de Cabrera ressaltant les seves principals característiques, i s'aporta un llistat dels hàbitats de l'ambient de coves semifosques i fosques de l'arxipèlag. Les diferències que es troben entre les coves depenen de les característiques intrínseques de cada cova. La variació espacial i estacional de diversos paràmetres funcionals i estructurals ha estat estudiat a l'hàbitat de coves semifosques de Sa Cova Blava, i es mostra molt poca variació entre la part externa i la part interna. Es cita per primer cop de l'arxipèlag de Cabrera la presència de 7 espècies de peixos, alguns dels quals típicament cavernícoles. Els briozous estructurals *Schizotheca serratimargo* i *Reptadeonella* spp. mostren una forta dinàmica interanual, les causes de la qual és totalment desconeguda. En aquest capítol es fa un especial esment als nous descobriments en l'ecologia de la cigala, *Scyllarides latus*, la reproducció de la qual està totalment lligada a les coves. La caracterització de la dinàmica anual de la temperatura dins les coves apunta cap a una major estabilitat respecte l'exterior i podria explicar la preferència de les cigales per aquests ambients. Les coves de l'arxipèlag de Cabrera són d'una elevada diversitat morfològica i alberguen uns hàbitats fràgils, singulars i poc coneguts, amb una importància essencial per la presència de moltes espècies singulars. Es proposa un aprofundiment en l'estudi d'aquests sistemes a l'arxipèlag i dur a terme una valoració en termes de qualitat ecològica en base a un futur monitoratge i a la implementació de la Directiva d'Estratègies Marines.

Paraules clau: Cabrera, coves, túnels, hàbitats semifoscos i foscos, *Scyllarides latus*, espècies cavernícoles

ABSTRACT:

A total of 17 submerged cave systems of the Cabrera archipelago are briefly described, highlighting their main characteristics, and a list of the habitats of the semi-dark and dark caves of the archipelago. The differences between the caves depend on the intrinsic characteristics of each cave. The spatial and seasonal variation of several functional and structural parameters has been studied in the habitat of semi-dark caves of Sa Cova Blava, and there is very little variation between the external part and the internal part. The presence of 7 species of fish, some of which are typically cavernous, is mentioned for the first time in the archipelago of Cabrera. The structural bryozoans *Schizotheca serratimargo* and *Reptadeonella* spp. Show a strong inter-annual dynamic, whose causes are totally unknown. In this chapter a special mention is made of the new discoveries on the ecology of the slipper lobster, *Scyllarides latus*, whose reproduction is totally linked to caves. The characterization of the annual dynamics of temperature in the caves points towards a greater stability compared to the outside and could explain the preference of the slipper lobsters for these environments. The caves of the Cabrera archipelago have a high morphological diversity and shelter fragile, singular and little-known habitats, with an essential importance for the presence of many unique species.

It is proposed to deepen on the study of these systems in the archipelago and to carry out an assessment in terms of ecological quality based on a future monitoring and implementation of the Marine Strategies Directive.

Keywords: Cabrera, caves, tunnels, semi-dark and dark habitats, Scyllarides latus, cave species

INTRODUCCIÓ

Les coves marines i els túnels parcial o totalment submergits, contenen uns hàbitats molt particulars i únics que estan inclosos en la Directiva Hàbitats (92/43/EEC) (Tipus d'hàbitat 8330) i formen part del Pla d'Acció dels Hàbitats Foscos dins del Conveni de Barcelona (Pergent *et al.*, 2015). Aquestes coves abunden especialment a les costes calcàries com les de l'arxipèlag de Cabrera ja que habitualment s'originen per fenòmens càrstics produïts durant les darreres glaciacions, quan el nivell de l'aigua de la Mediterrània estava molt per sota del que està actualment (Vesica *et al.*, 2000; Antonioli *et al.*, 2004; Tuccimei *et al.*, 2006). Aquests hàbitats contenen també moltes espècies particulars que, tot i estar relacionades amb les de l'estatge circalitoral, també tenen algunes espècies pròpies de l'estatge batial (Harmelin *et al.*, 1985). Les coves, i en menor mesura els túnels, són també hàbitats fragmentats i com a tals poden actuar com a refugis o com a "illes ecològiques", essent escassament resilient a les pertorbacions (Harmelin *et al.*, 1985; Rastorgueff *et al.*, 2015). Fins a un total de 2.167 taxons han estat citats de les coves submergides mediterrànies (Gerovasileiou i Voultsiadou, 2014) la qual cosa és indicativa de la seva importància com a reservoris de biodiversitat.

Les característiques ambientals de les coves i túnels de l'arxipèlag de Cabrera no han estat mai estudiades, amb excepció de Sa Cova Blava (Martí *et al.*, 2014a), però en qualsevol cas hi ha sempre un fort gradient en els paràmetres ambientals des de les zones d'entrada fins a les zones més recòndites. Els forts gradients de llum, com a paràmetre més evident, moviment de l'aigua i matèria orgànica particulada (Gili *et al.*, 1986; Martí *et al.*, 2004a) van associats a una zonació en les comunitats d'organismes bentònics (Cinelli *et al.*, 1977; Bibiloni *et al.*, 1984; Gili *et al.*, 1986; Gili i Ballesteros, 1991; Morri i Bianchi, 2003) i a la identificació d'una sèrie de grans tipus d'hàbitats descrits per Pérès i Picard (1964) com a coves semifosques i coves fosques.

En aquest capítol posarem al dia els coneixements sobre les coves submergides de l'arxipèlag de Cabrera adquirits al llarg dels darrers 25 anys, ampliant els exposats per Úriz *et al.* (1993). En concret (1) localitzarem i descriurem breument les coves, túnels i arcs submergits d'una certa entitat coneguts a l'arxipèlag de Cabrera, (2) farem esment d'algunes espècies remarcables trobades amb posterioritat als treballs recopilats a Alcover *et al.* (1993), (3) comentarem alguns aspectes de la dinàmica i les característiques funcionals i estructurals de les espècies i comunitats d'aquests ambients, (4) descriurem el paper que juguen les coves com a hàbitat essencial per la cigala (*Scyllarides latus*), una espècie d'especial interès a l'arxipèlag i inclosa en diferents convenis de conservació, (5) caracteritzarem per primera vegada els gradients de temperatura dins de les coves per entendre quin paper juguen aquest hàbitats en la dinàmica de les espècies, especialment en la cigala, (6) recollirem els hàbitats de coves presents a l'arxipèlag adaptats al llistat actual d'hàbitats marins a Espanya (Templado *et al.*, 2012) i (7) discutirem els possibles impactes que es poden produir en aquests hàbitats i estudis futurs per a fer un seguiment i garantir-ne la conservació.

MATERIAL I MÈTODES

La descripció de les coves i túnels així com l'enumeració de les espècies i hàbitats observats i la seva dinàmica es realitzen en base a observacions obtingudes en les immersions amb escafandre autònom o recopilant les dades ja publicades per diversos autors. L'estudi de la dinàmica de les poblacions de cigala s'ha realitzat principalment amb escafandre autònom a partir de censos visuals i un programa de marcatge i recaptura (Reñones *et al.*, 2010) entre els anys 2006 i 2009, a 15 zones de Cabrera, entre 0 i 50 metres de fondària. L'estudi precís del moviment de l'espècie ha estat desenvolupat mitjançant la metodologia de telemetria acústica (Aspillaga *et al.*, 2016). Tot i que aquesta tècnica ha estat emprada amb efectivitat en peixos i altres decàpodes (Hussey *et al.*, 2015), aquesta era

la primera vegada que es feia servir per a la cigala. Aquest mètode aporta una gran quantitat d'informació sobre la dinàmica temporal, els patrons dia-nit i l'ús de l'espai. La monitorització de la temperatura dins les coves ha estat realitzada mitjançant sensors (HOBO water temp Pro2) amb un precisió de 0,01°C, obtenint un registre per a cada hora. Dos sensors han estat mantinguts entre 2015 i 2017 dins la cova del vessant de ponent de n'Ensiola. Per poder obtenir mesures de la zona més estable de la cavitat, els sensors es van instal·lar en el sífo (veure resultats), un a l'entrada i l'altre a la part més interna. A títol comparatiu, les dades externes provenen de la sèrie de sensors proporcionats per la xarxa T-Mednet (<http://www.t-mednet.org/observation-system>) que hi ha a Cabrera, concretament de l'illa de l'Imperial a una fondària de 15 metres.

Per al recull dels hàbitats prendrem com a referència el llistat d'hàbitats presents a la “Lista Patrón de Hábitats Marinos Españoles” (LPRE, Templado *et al.*, 2012).

RESULTATS

COVES I TÚNELS

La situació geogràfica de les diferents coves que esmentem en aquest treball es representa a la Fig. 1. Sa Cova Blava és, amb molta diferència, la cova més coneguda de l'arxipèlag, tant des del punt de vista turístic com biològic. De grans dimensions, la part emergida és també molt popular i és l'única que està parcialment cartografiada (Trias, 1993). Hi ha una magnífica representació de les comunitats d'entrada de coves i de coves semifosques. Sa Cova Verda, també parcialment emergida, és de petites dimensions i les comunitats estan bastant empobrides, probablement a causa de la seva escassa fondària. A ponent i al sud de l'illa de Ses Rates hi ha unes petites, però espectaculars, coves i túnels. A ponent de n'Ensiola hi ha una cova amb una entrada que va des dels 5 metres fins els 25, és molt àmplia amb una gran volta; a 7 metres de fondària prop del seu sostre hi ha una obertura que dona pas a un sífo d'uns 10 metres de longitud i uns dos metres de diàmetre, totalment fosc. Una mica més al sud, anant cap a la punta de n'Ensiola hi ha una segona cova no tan gran ni espectacular. Entre les dues coves, a uns 28 metres de fondària hi ha un petit túnel molt més ample que alt, d'uns 6 metres de longitud. Sa Cova des Calamars és probablement la més gran de Cabrera i consisteix en una gran volta que presenta dues parts emergides, l'externa no comunica directament amb l'exterior però és assequible en apnea. A les parets de la cova hi ha petits túnels i presenta una gran diversitat d'ambients cavernícoles, alguns d'ells poc comuns a Cabrera, com les parets de coves fosques, fons detrítics i fons de sorra fangosa. A ponent de S'Estell des Coll, a uns 30 metres de fondària, hi ha unes grans arcades de les que surt un túnel d'uns 10 metres de llarg i 1,5 metres de diàmetre, lleugerament descendent. A llevant de S'Estell de s'Esclata-sang hi ha una gran volta oberta a nord i a sud, mentre que en terra de l'illot hi ha una cova parcialment emergida, de difícil accés i permanentment comunicada amb el mar; encara que la biota no és gaire espectacular, és rica en ambients diversos i ofereix la possibilitat de visitar hàbitats de coves fosques en apnea. Sa Cova de Sa Guàtllera està situada a gairebé 50 metres de fondària i és de petites dimensions però alberga una població molt nombrosa de “camarons” *Plesionika narval*. La cova i l'adjacent Túnel de L'Imperial és, sens dubte, el sistema submergit més extens i divers de tot l'arxipèlag, albergant tota mena d'hàbitats cavernícoles i fauna invertebrada. Al final de la cova hi ha un petit sífo sinuós que comunica la gran entrada situada en el freu de L'Imperial amb la vessant nord de l'illot. La cova situada a la petita badia de llevant de Na Redona és la continuació d'una gran esquerda i no és massa diversa, tot i que presenta unes rapisses força marcades. Les coves d'es Cap de Sa Carabassa i d'es Cap Ventós són petites voltes amb comunitats de coves semifosques. A la vessant de ponent de l'illa des Conills es troben dues coves a menys de 20 metres de distància una de l'altre, poc profundes i amb comunitats de coves semifosques, la de més al nord és més estreta que ample. En canvi, els arcs i túnels de l'illot de Na Foradada són molt extensos i espectaculars però les nombroses obertures a l'exterior impedeix que hi hagi comunitats de coves fosques. Entre l'illot de Na Foradada i l'illa Foradada, a 40 metres de fondària, hi ha dues petites coves d'entrada molt estreta, molt fosques i de poca entitat, que solen ser emprades com a refugi per llagostes. Arribant a l'illa de la Foradada trobem unes petites cavitats que no tenen entitat de cova a la vessant de llevant, però a la vessant de ponent trobem un túnel que s'inicia a 32 metres de fondària amb una entrada molt estreta, però

a dins es desenvolupen dues cavitats força amples en dos trams diferenciats. Les comunitats que trobem son típiques de coves totalment fosques. La sortida del túnel es produeix en mig d'un rocall de grans blocs a 17 metres de fondària amb dues obertures molt estretes.

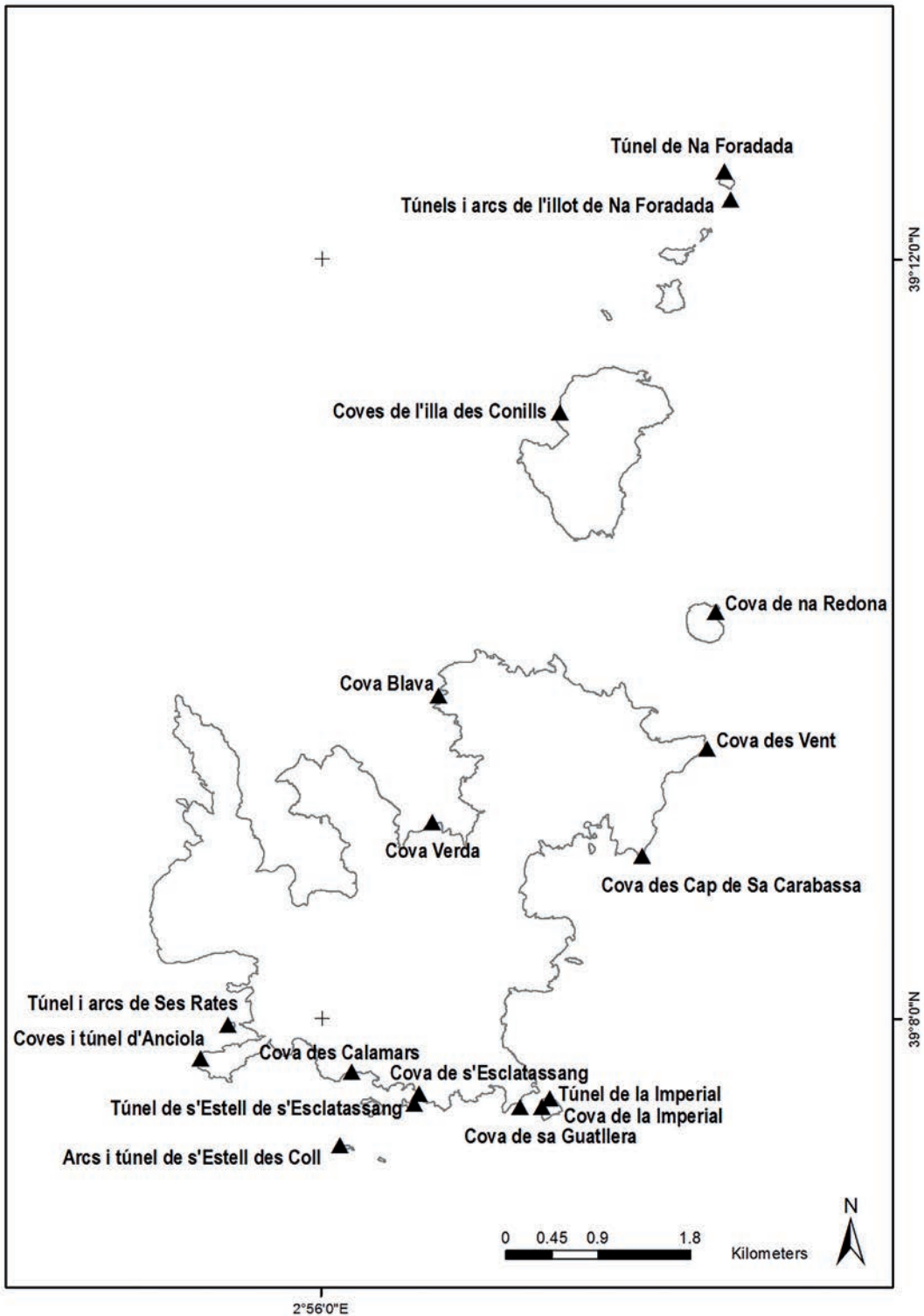


Figura 1. Localització de les coves submergides de l'arxipèlag de Cabrera visitades en aquest estudi.

ESPÈCIES

Els poblaments d'alguns grups d'invertebrats de les coves ja han estat parcialment estudiats com en el cas d'esponges (Uriz *et al.*, 1991; Uriz, 1993), cnidaris (Gili *et al.*, 1993), briozous (Zabala, 1993), tunicats (Turon, 1993) i també de forma més general (Uriz *et al.*, 1993). Durant els darrers 25 anys no hi ha hagut cap projecte científic centrat en la biodiversitat dels hàbitats cavernícoles. Tot i així, hi ha algunes noves aportacions a la fauna d'esponges cavernícoles a Martí *et al.* (2004a) i a Turon *et al.* (2009): *Merlia lipoclavidisca*, *Topsentia garciae*, *Hexadella pruvoti*, *Myceliospongia araeonosa* i *Oscarella tuberculata*. A aquestes espècies hi podem afegir *Hexadella topsenti*, escassa en alguna entrada de cova (abans confosa amb *H. racovitzai*) i *Myrmekeioderma spelaeum*, aquesta darrera pròpia de coves fosques (identificacions de M.J. Uriz). També cavernícoles, preferents o opcionals, són alguns dels invertebrats reportats a Ballesteros (1998), d'on hem de destacar alguns grans opistobranquis com *Pleurobranchus testudinarius* (a la cova de L'Imperial; Fig. 2) i *Umbraculum umbraculum* (a Sa Cova Blava i a la cova de L'Imperial; Fig. 3). També hem d'esmentar l'abundància de la nacra d'esquames (*Pinna rudis*) en el fons fangós o detrític d'algunes coves, especialment a l'illot de Na Foradada. A les parets i al túnel de l'illot de Na Foradada, als túnels de Ses Rates i la cova de L'Imperial trobem el bogamarí de punxes llargues *Centrostephanus longispinus*, una espècie amb una dinàmica poc coneguda i protegida per diverses directives internacionals. Entre la fauna vàgil, a més dels invertebrats mencionats, cal destacar la presència de decàpodes ocasionals, però típics de les coves, que prèviament ja s'havien reportat per l'arxipèlag de Cabrera com son *Lysmata seticaudata* o, *Plesionika narval*.



Figura 2. L'opistobranqui *Pleurobranchus testudinarius* als fons de sorra fangosa detrítica de la cova de l'Imperial. (Foto: Enric Ballesteros).



Figura 3. Lopistobranqui *Umbraculum umbraculum* a les parets de sa Cova Blava. (Foto: Enric Ballesteros).

Més significatives són les contribucions pel que fa a la fauna de peixos cavernícoles, no abordada a Garcia-Rubies (1993) i només molt superficialment a Riera *et al.* (1993). Aquests darrers autors citen 3 espècies com a preferents d'aquests ambients: *Apogon imberbis*, *Microlipophrys nigriceps portmahonis* i *Trypterygion melanurum*. Citen també com a preferents secundaris: *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Anthias anthias*, *Gaidropsarus mediterraneus*, *Phycis phycis* i *Conger conger*. Totes aquestes espècies han estat observades repetidament en les immersions realitzades per nosaltres mateixos a les coves de l'arxipèlag, llevat de *G. mediterraneus*. Si ens centrem exclusivament en la fauna de peixos que podem trobar a coves semifosques i fosques podem afegir algunes espècies més a les esmentades per Riera *et al.* (1993) i Uriz *et al.* (1993), com *Atherina boyeri* (Sa Cova Blava), *Epinephelus costae* (als túnels de l'illot de Na Foradada), *Mycteroperca rubra* amb lliurea nocturna dins les coves de n'Ensiola i fins i tot un juvenil d'*Epinephelus caninus* (Cova des Cap Ventós). D'altres espècies no estaven reportades prèviament de Cabrera com *Scorpaena maderensis*, pròpia d'esquerdes poc profundes, que es pot observar ocasionalment a les entrades de coves. Els altres peixos que reportem aquí com a noves citacions per a l'arxipèlag tenen les coves com a hàbitat preferent. *Grammonus ater* (Fig. 4) ha estat observat exclusivament al sífo fosc de la Cova de n'Ensiola i només en comptades ocasions. *Thorogobius ephippiatus* (Fig. 5) ha estat observat sovint a la cova de L'Imperial i als túnels de l'illot de Na Foradada, en fons de sorra fangosa propers a la paret, en ambients de coves semifosques. El raríssim *Didogobius splechnai* (Fig. 5) acompanyava *Thorogobius ephippiatus* en una sola ocasió a l'illot de Na Foradada. *Corcyrogobius liechtensteini* (Fig. 6) és propi dels sostres de les coves propers a l'entrada i ha estat observat només a la Cova de l'Ànciola i a Sa Cova des Calamars, encara que és possible que sigui menys rar del que sembla. Finalment, *Gammogobius steinitzi* (Fig. 7) ha estat observat ocasionalment a Sa Cova des Calamars i a la cova de L'Imperial, sempre en fons sedimentaris o en les parets rocoses adjacents. Els tres darrers gòbids esmentats són molt espantadissos i resulta difícil veure'ls i identificar-los, ja que habitualment s'amaguen en detectar la llum de les llanternes i focus que utilitzem per a l'exploració de les coves.



Figura 4. *Grammonus ater* fotografiat a l'única localitat coneguda per aquesta espècie a Cabrera: n'Ensiola. (Foto: Enric Ballesteros).



Figura 5. *Thorogobius ephippiatus* (esquerra) acompanyat de *Didogobius splechnai* (dreta) als fons de sorra fangosa detrítica dels túnels de l'illot de Na Foradada. (Foto: Enric Ballesteros).



Figura 6. *Corcyrogobius liechtensteini* al sostre de la cova de n'Ensiola. (Foto: Enric Ballesteros).



Figura 7. *Gammogobius steinitzi* als blocs rocosos de la part central de la Cova des Calamars. (Foto: Enric Ballesteros).

CARACTERÍSTIQUES ESTRUCTURALS I FUNCIONALS

Moltes de les noves informacions que tenim sobre els sistemes cavernícoles submergits de l'arxipèlag de Cabrera provenen de la tesi doctoral de Ruth Martí (2002) qui va estudiar la variació espacial i estacional de diversos paràmetres estructurals i funcionals de Sa Cova Blava. En aquesta tesi es posa de manifest el paper primordial que tenen els metabòlits secundaris produïts per les espècies bentòniques en modelar l'estructura de les comunitats cavernícoles i en establir les seves interaccions. La superfície que inclou la variabilitat natural de les comunitats de Sa Cova Blava és d'uns 2500 cm² i aquesta no canvia ni estacionalment ni amb la localització de la mostra respecte al llarg de l'eix horitzontal de la cova, tot i que les espècies més comunes tenen una distribució agregada (Martí *et al.*, 2004a, b). Tot i així, quan mirem les comunitats algals de l'entrada de la cova, la variació estructural estacional és molt inferior a l'observada a l'exterior de les coves en ambients d'algues fotòfiles (Martí *et al.*, 2005a). Les esponges són el grup principal que pobla les parets de Sa Cova Blava i ho fan amb una gran diversitat de formes. Les espècies que creixen més lentament són les més tòxiques i també les que tenen menys associacions positives amb altres espècies (Turon *et al.*, 2009). A més, les esponges incrustants tendeixen a ser més tòxiques que les erectes (Turon *et al.*, 2009). D'altra banda, més de dues tercers parts dels briozous, cnidaris i tunicats de Sa Cova Blava són tòxiques, essent els tunicats els més tòxics, però tots ells mostren una escassa variació estacional (Martí *et al.*, 2005b). Per altra banda, quan tenim en compte les algues de l'entrada de Sa Cova Blava, la seva toxicitat és més gran a la tardor que a la primavera i, a més, les comunitats d'entrada de coves tenen menys algues tòxiques i les que ho són, presenten un menor grau de toxicitat que les de l'exterior (Martí *et al.*, 2005c).



Figura 8. Espectacular creixement de *Reteporella* spp. a les arcades de s'Estell des Coll, maig 2010. (Foto: Enric Sala).

Tot i que les altres coves i túnels de Cabrera s'han anat visitant amb periodicitat anual o bianual, no s'hi ha realitzat cap estudi meticulós de les comunitats d'invertebrats sèssils. No obstant això, volem remarcar l'elevada dinàmica de determinades espècies de briozous erectes presents, sobretot, a les comunitats de coves semifosques. Un cas especial és el de *Schizotheca serratimargo*, briozou que pot arribar a formar grans colònies als sostres de les entrades de les coves, com era el cas de les arcades

de l'illot de Na Foradada. Nombrosíssimes colònies eren presents a principis dels 2000, però van desaparèixer a mitjans de la dècada, per recuperar-se i tornar a desaparèixer en l'actualitat (2017). Un altre cas és el de les espècies del gènere *Reteporella*, que són freqüents a les comunitats de coves semifosques, encara que no acostumen a ser dominants. Tot i així, al mes de setembre de l'any 2010 una espècie d'aquest gènere es presentava dominant a les arcades de s'Estell des Coll (Fig. 8) però la situació havia tornat a la normalitat un any més tard. Tot i que no tenim explicació per aquests fenòmens volem deixar constància d'aquest puntual elevat dinamisme d'algunes espècies, impropri del que hom espera d'invertebrats colonials cavernícoles.

CIGALA (*Scyllarides latus*)

L'arxipèlag de Cabrera ha estat, durant la darrera dècada, el lloc de la Mediterrània en el que s'han desenvolupat més projectes dedicats específicament a l'estudi de la cigala (*Scyllarides latus*) i que han suposat un gran pas en el coneixement de l'ecologia de l'espècie (Díaz *et al.*, 2017). Considerada com a un dels valors comercial i gastronòmic més preuat de les Balears, a l'arxipèlag de Cabrera, la cigala troba uns hàbitats idonis per poder desenvolupar el seu cicle de vida. El declivi de l'espècie arreu de les costes del Mediterrani ha estat principalment liderat pel furtivisme per part de bussejadors, ja sigui en escafandre o en apnea (Holthuis, 1990; Spanier i Lavalli, 2006), a causa de les agregacions que forma a poca fondària en coves i cavitats en l'època de reproducció.

Els hàbitats òptims d'aquesta espècie són les coves semifosques situades entre 5 i 20 metres de fondària. Durant l'època de reproducció les densitats són entre 5 i 15 vegades superiors a la resta de l'any a les coves semifosques i la seva presència es pràcticament nul·la fora del seu període reproductiu (abril-setembre), tant a les coves com en d'altres hàbitats rocosos fins a 50 metres de fondària. Les femelles romanen a l'interior de la cova pràcticament durant el període d'incubació de la posta. Aquest procés és relativament curt, d'uns 28 dies de mitjana (un període extremadament reduït per a la superfamília *Palinuroidea*) (Reñones *et al.*, 2010).

En el transcurs d'aquest estudi s'ha pogut observar que les cigales presenten un marcat dimorfisme sexual, essent els mascles més petits que les femelles. El seu creixement -mitjançant mudes- és lent i els exemplars més grans poden tenir fins a 25 anys de vida. La maduresa sexual per les femelles es produeix al voltant dels 6 anys, amb una talla mitjana de cefalotòrax de 98 mm. S'han determinat diferències, pel que fa a la talla modal i a la mitjana, entre les zones localitzades a llevant i a ponent de l'arxipèlag de Cabrera, amb valors més elevats a les zones de ponent. Les fases d'assentament (nisto) i els juvenils romanen totalment desconegudes a l'arxipèlag, tot i haver-se fet un esforç especial dins les coves per trobar-les.

Tot i que es va mostrejar intensament durant el període post-reproductiu (octubre - març) es va observar una dramàtica caiguda de les densitats de població entre 0 i 50 metres. Aquesta davallada en les densitats es va associar a moviments a gran escala i es va intentar resoldre amb un programa de marcat i recaptura amb *T-bar tags* amb un total de 306 exemplars marcats. Es van recapturar exemplars fins a 1063 dies després de la seva alliberació, obtenint una taxa de recaptura del 18%. Però en cap cas es va resoldre si es produïa una migració en fondària o fora de l'àrea d'estudi, ja que totes les recaptures es van realitzar dins o vora de les coves mostrejades i durant el període reproductiu.

Els resultats obtinguts utilitzant telemetria acústica són coherents amb els coneguts prèviament. S'ha pogut determinar, però, que l'àrea per on es mou un individu és de 6 hm² i no difereix entre sexes. Les cigales no migren: els individus romanen tot l'any en la mateixa zona, encara que no s'observin en els censos visuals.

GRADIENTS TÈRMICS A LES COVES

A Cabrera no hem observat mai haloclines, diferències de densitat causades per capes d'aigua de salinitats diferents. Tampoc hem observat canvis de temperatura llevat del sífó de la cova de

n'Ensiola. En aquest sífó la temperatura és més elevada que a l'exterior. La temperatura és similar durant els mesos de juliol i novembre, però la diferència arriba a ser de gairebé 5 °C durant els mesos de gener i febrer. Aquest gradient pràcticament desapareix durant el mes de maig, però després la temperatura del sífó augmenta més que a l'exterior fins igualar-se de nou al mes de setembre (Fig. 9).

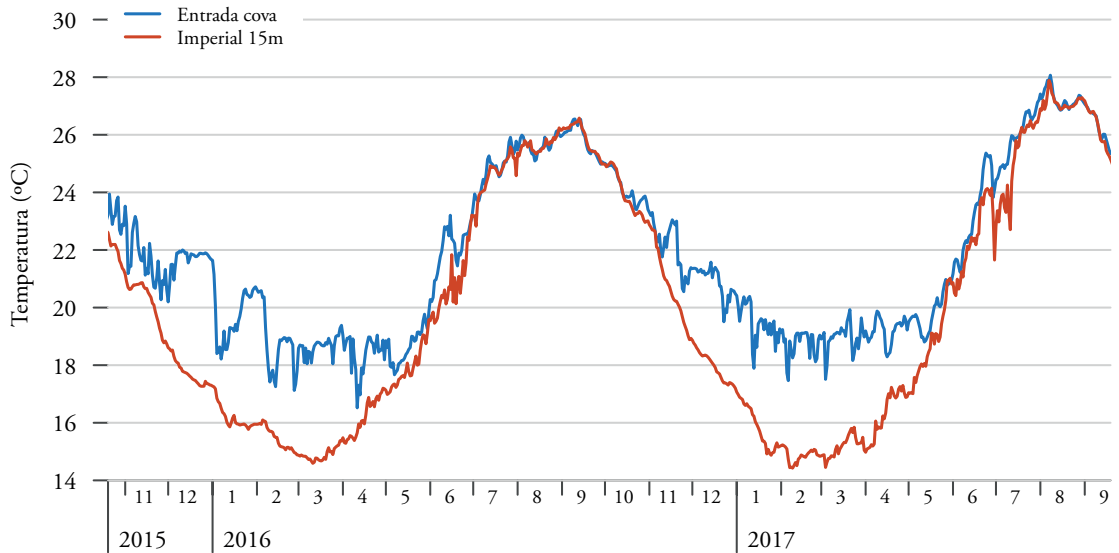


Figura 9. Gràfic de temperatures durant l'any 2015 a 2017 de l'entrada de la cova (sífó) i la temperatura externa del punt de referència Illa Imperial a 15 metres de fondària.

HÀBITATS

L'arxipèlag de Cabrera té una bona representació d'hàbitats cavernícoles ja que el nombre de coves i túnels és relativament elevat i les morfologies molt heterogènies. A la taula I presentem els hàbitats coneguts segons la terminologia LPRE (Templado *et al.*, 2012).

Taula I. Hàbitats de coves i túnels submarins presents a l'arxipèlag de Cabrera.

CODI LPRE	NIVELL	HÀBITATS
0303	2	Coves i túnels infralitorals i circalitorals
030301	3	Túnels i coves semifosques
	4	Parets de coves fosques i túnels
03030104	5	Parets de coves semifosques i túnels amb <i>Polycyathus muelleriae</i>
03030105	5	Parets de coves semifosques i túnels amb <i>Parazoanthus axinellae</i>
03030109	5	Parets de coves semifosques i túnels amb <i>Axinella damicornis</i> , <i>Raspaciona aculeata</i> i <i>Eurypon</i> sp.
03030110	5	Parets de coves semifosques i túnels amb <i>Leptopsammia pruvoti</i>
03030111	5	Parets de coves semifosques i túnels amb <i>Reteporella</i> spp.
03030112	5	Parets de coves semifosques i túnels amb <i>Agelas oroides</i> / <i>Ircinia variabilis</i> / <i>Chondrosia reniformis</i> / <i>Phorbas tenacior</i>
03030114	4	Parets i terra de coves semifosques afectades per sediments

0303011401	5	Parets i terra de coves semifosques afectades per sediments amb <i>Axinella damicornis</i> , <i>Dysidea avara</i> i <i>Myriapora truncata</i>
03030115	4	Parets i terra de túnels afectades per sediments
0303011501	5	Parets i terra de túnels afectades per sediments amb esponges massives (<i>Haliclona</i> , <i>Aplysina</i> , <i>Ircinia</i> i <i>Petrosia</i>)
0303011505	4	Sostres de coves semifosques i túnels
030301150501	5	Sostres de coves semifosques i túnels amb <i>Schizotheca serratumargo</i>
030301150502	5	Sostres de coves semifosques i túnels amb <i>Madracis pharensis</i>
030301150503	5	Sostres de coves semifosques i túnels amb <i>Corallium rubrum</i>
030301150504	5	Sostres de coves semifosques i túnels amb <i>Leptopsammia pruvoti</i> i esponges
03030116	4	Fons detrítics de coves semifosques i túnels
030302	3	Túnels i coves fosques
03030209	4	Fons detrítics fangosos de coves fosques
	4	Fons detrítics sorrencs de coves fosques
03030210	4	Parets i sostres de coves fosques
0303021001	5	Parets i sostres de coves fosques amb <i>Dendroxea lenis</i> / <i>Diplastrella bistellata</i>
0303021002	5	Parets i sostres de coves fosques amb <i>Erylus euastrum</i> / <i>Rhabderemia minutula</i> / <i>Myrmekioderma spelaeum</i>
0303021003	5	Parets i sostres de coves fosques amb petits poliquets tubícoles

Els hàbitats de coves i túnels semifoscos són nombrosos. *Polycyathus muelleriae* domina en zones d'entrada de coves, sobretot en sostres i petites cavitats de llocs relativament ben il·luminats. *Parazoanthus axinellae* domina en indrets amb força hidrodinamisme i també relativament ben il·luminats, com les parets de Sa Cova Blava situades al nord. Les parets amb *Axinella damicornis*, *Raspaciona aculeata* i *Eurypon* sp. són pròpies de llocs poc il·luminats i amb una certa sedimentació, mentre que les dominades per *Agelas oroides*, *Ircinia variabilis*, *Chondrosia reniformis* i *Phorbas tenacior* prefereixen llocs més verticals, sense sedimentació, i un cert hidrodinamisme. *Leptopsammia pruvoti* domina en llocs amb una certa corrent, com el túnel descendent de l'illot de Na Foradada o les grans arcades que es troben en tot l'arxipèlag. *Reteporella* spp. domina en indrets amb força il·luminació, sempre vora l'entrada però molt ocasionalment i amb una gran variabilitat. Al terra de túnels i coves semifosques on trobem substrat dur dominen sovint les esponges i els poliquets tubícoles, mentre que si el terra és sedimentari, no rocós, abunda el component detrític provinent del que cau i s'acumula de parets i sostres, tot i que en alguns casos podem trobar *Cerianthus membranaceus* i alguns poliquets tubícoles. Els sostres són un tant particulars i diferents a les comunitats de les parets. L'hàbitat més abundant és el de *Leptopsammia pruvoti* amb esponges. El corall vermell és raríssim a Cabrera i en indrets semifoscos només el tenim vist al sostre del túnel de s'Estell des Coll i al tortuós sífo del túnel de L'Imperial, i tot i així ocupa superfícies molt exigües. *Schizotheca serratumargo* és exclusiva de les entrades de coves àmplies mentre que *Madracis pharensis* es refugia en petites raconades de l'interior de les coves.

La diversitat d'ambients és molt inferior en el cas dels túnels i coves fosques. Els terres estan ocupats per material detrític, sovint en substrats fangosos. A la part de llevant del túnel de L'Imperial hi ha una petita porció de túnel situat en un ambient de foscor total on no hi ha sediment fangós sinó sorrenc a causa de l'elevat corrent que s'origina en aquell tram. A les parets de les coves fosques podem distingir bàsicament tres tipus d'hàbitats. El més comú és el dominat per les esponges *Diplastrella bistellata* i *Dendroxea lenis*. L'hàbitat d'*Erylus euastrum* i *Rhabderemia minutula* és molt rar i el coneixem, per exemple, del sífo de la cova de n'Ensiola, mentre que l'hàbitat dominat per petits poliquets tubícoles està present a les parts més internes i fosques d'alguna porció de cova (Sa Cova des Calamars, per exemple).

DISCUSSIÓ

La faunística de les coves de Balears és bastant uniforme (EB, DD i EC, obs. pers.) i Cabrera no és una excepció. Per això moltes de les espècies reportades a l'arxipèlag són comunes en d'altres ambients cavernícoles del nord-oest d'Eivissa, Artà i Serra de Tramuntana (Mallorca), o les zones calcàries de Menorca (EB i EC, obs. pers.). Tot i així, hi ha una gran diferència entre coves, resultat, probablement, de la singularitat de cada cova i de les preferències ecològiques de les espècies. Les coves són també un refugi únic d'espècies rares (Riedl, 1966) i alberguen espècies de vegades fortament lligades a aquests hàbitats o al mar profund (Riedl, 1966; Vacelet *et al.*, 1994). No obstant això, no coneixem de cap cova a l'arxipèlag amb una temperatura de l'aigua que es mantingui sempre baixa, ans el contrari, la qual cosa impedeix l'existència d'espècies estrictament batials a una escassa fondària. Les esponges són el grup dominant a les coves de Cabrera com és habitual a la Mediterrània (Gerovasileiou i Voltsiadou, 2012, 2014) i també són molt abundants els briozous (Uriz *et al.*, 1993). En canvi, tunicats i cnidaris tenen un menor nombre d'espècies. L'escassetat del corall vermell, *Corallium rubrum*, a les coves i túnels de Cabrera podria ser un fenomen natural, no lligat només a la recol·lecció antiga d'aquesta preuada espècie, sinó a la transparència de les aigües que dificulta la supervivència d'espècies suspensívores amb requeriments d'aliment elevats. De fet, hem observat l'aparició d'una població de corall vermell en el túnel de s'Estell des Coll, on era inexistent a la dècada dels 80 (EB, obs. pers.). El lent creixement d'aquesta espècie (Garrabou i Harmelin, 2002) dificulta, però, que assoleixi grans mides i densitats elevades.

Els peixos cavernícoles reportats com a novetat a Cabrera són espècies pròpies -i algunes exclusives- d'aquests ambients (Bussotti *et al.*, 2015). Espècie pròpia de l'estatge batial, *Grammonus ater* fou trobat a Balears per primera vegada per Bori *et al.* (1985) a les coves de la zona d'Artà (Mallorca) (citada com a *Oligopus ater*), i tot i ser rar a Balears és conegut també de les coves de Menorca (Cardona i Elices, 2002), essent exclusiu de les parts més internes i fosques de les coves, on sempre l'hem vist nedant, mai reposant sobre el fons. *Thorogobius ephippiatus*, en canvi, és una de les espècies més comunes a les coves mediterrànies (Bussotti *et al.*, 2015) i l'absència de citacions prèvies a Cabrera rau en la manca d'exploració dels ambients cavernícoles. Habitualment s'observa reposant en els fons de sorra fangosa de les coves. *Didogobius splechnai* està descrit de les coves d'Eivissa (Ahnelt i Parzner, 1995) i està present també en una cova d'Espardell (Formentera) (EB, obs. pers.) i Menorca (Cardona i Elices, 2002). El seu hàbitat són els fons de sorra fangosa de les coves, i s'amaga als forats quan es troba amenaçada (Herler *et al.*, 1999). Localitzat també a Itàlia (Steffanni, 1999) i França (Francour, 2008), sembla una espècie relativament rara tot i que cada cop es coneixen més localitats (Bussotti *et al.*, 2015). *Gammogobius steinitzi* és també cavernícola i àmpliament distribuït per la Mediterrània (Bussotti *et al.*, 2015). Tot i que diferents autors (Herler *et al.*, 1999; Patzner, 1999; Arko-Pijevac *et al.*, 2001) el descriuen de les parets de les coves, nosaltres l'hem trobat més sovint en els fons sorrencs i detrítics d'aquestes, amb una ecologia i comportament semblant al de *Didogobius splechnai*. Finalment, hem trobat *Corcyrogobius liechtensteini* exclusivament als sostres de les coves, hàbitat preferent d'aquesta espècie (Herler *et al.*, 1999), on es refugia a forats de *Lithophaga lithophaga* quan es veu amenaçat, comportament ja observat per Patzner (1999).

Els estudis sorgits de la tesi doctoral de Ruth Martí (2002) posen de manifest que l'àrea mínima de mostreig dels hàbitats cavernícoles de Sa Cova Blava és semblant a la d'altres hàbitats de coves dominats per cnidaris (Gili i Ballesteros, 1991) i a l'hàbitat de coral·ligen dominat per corall vermell (Kipson *et al.*, 2011), i superior a la de la majoria d'hàbitats de dominància algal (Ballesteros, 1992). Aquests estudis tampoc troben diferències entre les parts més internes i més externes de Sa Cova Blava, la qual cosa pot no ser extrapolable a la resta de coves de l'arxipèlag ja que les dues parts estudiades responen al mateix tipus d'hàbitat (coves semifosques). D'altra banda, en aquests estudis es posa de manifest l'escassa variabilitat estacional i la importància dels metabòlits secundaris en establir els patrons estructurals de les comunitats dominades per invertebrats però no per algues a les entrades de la cova.

Les mortalitats dels grans briozous *Schizotheca serratimargo* i *Reteporella* spp. és una gran incògnita i desconeixem si estan lligades als fenòmens de mortalitats massives d'invertebrats relacionades amb anomalies tèrmiques positives (Garrabou *et al.*, 2001, 2009; Coma *et al.*, 2011; Cebrian *et al.*,

2011; Linares *et al.*, 2018). De fet, Garrabou *et al.* (2009) detectaren mortalitats de *Reteporella* spp. a Còrsega i Sardenya, versemblantment lligades a anomalies tèrmiques positives. Seria necessari un seguiment de les poblacions d'aquestes i altres espècies de les coves per esbrinar-ho. No és un tema menor, doncs les poblacions de *Schizotheca serratumargo* de l'arxipèlag han quedat molt delmades darrerament (any 2017). És important conèixer la dinàmica d'aquestes espècies fràgils perquè en moltes ocasions han estat emprades com a indicadors de l'impacte del busseig i, per tant, ens poden dur a conclusions i mesures de gestió incongruents si no es té en compte el factor temperatura.

L'efecte de la protecció juntament amb la presència d'un hàbitat òptim a Cabrera ha permès que *Scyllarides latus* pugui ser objecte d'estudi, fet pràcticament impossible fora dels espais protegits. La diferència de densitats anuals observades està marcada sens dubte pel cicle reproductiu i s'han determinat les coves com a hàbitat òptim i essencial per l'espècie. Els treballs de telemetria acústica han estat essencials per esclarir la reduïda àrea per on es mou cada individu i l'elevada fidelitat a un lloc dels individus durant tot l'any, fet que reforça la implementació de mesures de conservació basades en una regulació espacial, juntament amb un increment de la vigilància per evitar el furtivisme. La divergència de talles modals trobada entre zones pot respondre a una diferència en el reclutament, o més probablement sigui deguda a la presència d'episodis de furtivisme. Tots els exemplars censats han estat adults i es continua sense conèixer on s'amaguen les fases juvenils. L'evidència de l'exemplar més petit en el medi natural mai trobat ha estat dins d'una cova a les Illes Medes i feia 45 mm de longitud de cefalotòrax (Lavalli i Spanier, 2007).

Per primera vegada s'ha determinat un període de posta de 4 setmanes per a la cigala en el medi natural. Aquest període és extraordinàriament curt, fet que possiblement està relacionat amb l'elevada temperatura ja que les temperatures altes acceleren la maduració dels ous (MacDiarmid i Kittaka, 2000; Comeau i Savoie, 2002), la qual cosa suposa un avantatge per a l'èxit reproductiu. Aquest diferencial de temperatura es troba en ambients molt singulars en el medi natural i les coves són un d'ells (Fig. 9), i per això creiem que són emprades en la fase de reproducció i maduració de la posta, tal com hem pogut comprovar. Tot i que no podem generalitzar aquest fenomen per a totes les coves de Cabrera, sí que podem afirmar que aquest fenomen s'ha de produir en d'altres coves de l'arxipèlag, ja que el procés d'agregació per a la reproducció s'ha observat idènticament en altres coves de l'arxipèlag, com la cova de l'Imperial i la cova de l'illot Foradat. Aquesta adaptació ha estat clau per entendre la dinàmica, i cal en un futur aprofundir en aquests processos.

D'altra banda, almenys en algunes coves les diferències anuals de temperatura no mostren tanta variació com a mar oberta. Moltes de les espècies d'invertebrats que pateixen episodis de mortalitat a causa de les anomalies tèrmiques (Garrabou *et al.*, 2001, 2009) es troben també dins les coves, on temperatures que s'han determinat com a fatídiques no provoquen la seva desaparició. L'adaptació a temperatures elevades durant períodes prolongats no afecta a la seva supervivència, de manera que podrien ser genotips que s'hagin adaptat a aquestes temperatures. Aquest fet obre una porta a l'estudi de l'adaptació de les moltes espècies al canvi climàtic.

Cabrera té una molt bona representació d'hàbitats mediterranis de túnels i coves submergides, amb molts d'ells ja coneguts de Balears (Ballesteros i Cebrian, 2015). És remarcable que no coneixem cap connexió amb les coves anquihalines de l'interior de Cabrera, tot i que ha d'existir. Sinó, seria inexplicable, per exemple, la presència d'aigua marina a la cova de Sa Llumeta (illa des Conills) i a Sa Cova des Burri (Trias, 1993; Jaume, 1993). Aquestes coves tenen una faunística molt especial (Sket, 1996) i la descoberta i posterior exploració d'alguns d'aquests sistemes a Cabrera aportaria, de ben segur, informació faunística molt valuosa. De fet, l'endemisme cabrerenc *Burrimysis palmeri* (Jaume i Garcia, 1992) és el primer misidaci marí estrictament troglòbi conegut de la Mediterrània.

Les amenaces que tenen els hàbitats i les espècies de coves són inferiors a les d'altres hàbitats marins, però a causa de la seva reduïda dimensió i la seva fragilitat, tant hàbitats com espècies exclusives de coves submarines són especialment vulnerables. La immersió en escafandre autònom, l'acumulació de detritus, la contaminació de l'aigua, la pesca, les anomalies tèrmiques o l'acidificació són algunes d'aquestes amenaces (Pergent *et al.*, 2014 i Rastorgueff *et al.*, 2015), a les que podem afegir les espècies invasores (Gerovasileiou *et al.*, 2016). La immersió en escafandre autònom té un efecte

nociu evident en les espècies fràgils i d'esquelet calcari com els briozous (Sala *et al.*, 1996; Garrabou *et al.*, 1998) o alguns cnidaris (Linares *et al.*, 2010). Totes les coves i túnels de l'arxipèlag de Cabrera estan situades en indrets on la immersió amb escafandre està limitada als estudis científics o sigui que aquest problema és, en teoria, inexistent. Sa Cova Blava és, però, molt visitada i aglutina molts turistes amb ulleres i tub d'escassa experiència que perden molts objectes que queden depositats al fons de la cova (sobretot material de busseig, però també ulleres de sol, bitllets, monedes i darrerament telèfons mòbils) tot i que aquest material té un escàs impacte en l'hàbitat. Les coves de Cabrera acumulen detritus flotants i xarxes que poden quedar atrapades a les parts més internes o a les parts emergides de coves amb cambres d'aire; ho hem observat a Sa Cova des Calamars i a les coves de n'Ensiola. La contaminació de l'aigua provinent de corrents d'aigua càrstics és inexistent a Cabrera i la provinent de l'aigua marina és la residual de mar oberta a la Mediterrània. Per altra banda, l'impacte de les anomalies tèrmiques o l'acidificació, essent amenaces de caire global, no poden controlar-se mitjançant actuacions locals de gestió, tot i que poden afectar notablement els poblaments (Parravicini *et al.*, 2010). A Cabrera tampoc hem detectat cap espècie invasora a les coves. La pesca és pràcticament impossible a l'interior de les coves si no és mitjançant l'apnea o la immersió amb escafandre. Atès que l'apnea està permesa arreu del parc, apneistes furtius poden malbaratar les poblacions de cigales que s'agreguen a les coves durant la primavera. Per evitar aquest impacte, es va prohibir l'apnea entre abril i juliol en les àrees de Cabrera properes a coves que alberguen poblacions importants de cigales.

Finalment, i atesos els canvis observats en les comunitats cavernícoles de Cabrera, i lluny encara de tenir un catàleg de totes les coves submarines de l'arxipèlag, seria desitjable fer una prospecció acurada de tot el perímetre de l'arxipèlag a la recerca d'aquests ambients per a la seva caracterització faunística. Cal recordar que l'única cova ben estudiada és Sa Cova Blava. També seria recomanable realitzar una valoració de l'estat ecològic de les coves principals, tant per acomplir els requeriments de la Directiva Marc d'Estratègies Marines (2008/56/CE) com per establir un seguiment d'aquests ambients que permetés valorar en un futur els impactes antròpics directes -com les visites permeses- o indirectes -com els ocasionats per les anomalies tèrmiques- o possibles espècies invasores. D'utilitzar la metodologia proposada per Rastorgueff *et al.* (2015) es podria també comparar l'estat ecològic de les coves de l'arxipèlag de Cabrera amb d'altres presents a les costes franceses i italianes.

AGRAÏMENTS

A Maria Jesús Uriz per la identificació d'algunes espècies d'esponges i a Enric Sala per la cessió de la fotografia de la Fig. 8. Al personal directiu i tècnic del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera per la concessió dels permisos i per la seva ajuda logística en les campanyes realitzades durant els darrers 25 anys. A tots els pescadors artesanals que pesquen a Cabrera, per respectar tots els experiments que hem realitzat dins dels seus caladors i per la informació que ens han aportat durant tots aquest anys. A na Catalina Vidal i en Llorenç Català de la Cantina de Cabrera per oferir-nos un acollidor espai d'interessants converses amb l'Univers de Cabrera. A Joana Serra, Nadal Mas i Excursions a Cabrera pels seus transports plàcids o "in extremis" per entrar o per sortir de Cabrera. I a tots aquells que ens han acompanyat en les moltes campanyes fetes a l'arxipèlag. Anabel Muñoz ha rebut un ajut predoctoral cofinanciat pel Govern de les Illes Balears y el Fons Social Europeu 2014 - 2020.

REFERÈNCIES

- Ahnelt, H. i Patzner, R.A. 1995. A new species of *Didogobius* (Teleostei: Gobiidae) from the Western Mediterranean. *Cybium*, 19: 95-102.
- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (1993). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca.
- Antonioli, F., Bard, E., Potter, E.K., Silenzi, S. i Improta, S. 2004. 215-ka History of sea-level oscillations from marine and continental layers in Argentarola Cave speleotherms (Italy). *Global and Planetary Change*, 43: 57-78.
- Arko-Pijevac, M., Benac, C., Kovacic, M. i Kirincic, M. 2001. A submarine cave at the island of Krk (North Adriatic Sea). *Natura Croatica*, 10: 163-184.
- Aspillaga, E., Bartumeus, F., Linares, C., Starr, R.M., López-Sanz, À, Díaz, D., Zabala, M. i Hereu, B. 2016. Ordinary and extraordinary movement behaviour of small resident fish within a Mediterranean Marine Protected Area. *PLoS*

- ONE, 11(7): e0159813.
- Ballesteros, E. 1992. Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. *Arxius Secció Ciències*, 101. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona. 616 pp.
- Ballesteros, E. 1998. Addicions a la fauna d'invertebrats bentònics marins de l'Arxipèlag de Cabrera (Illes Balears, Mediterrània Occidental). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears*, 41: 41-48.
- Ballesteros, E. i Cebrian, E. 2015. Llistat preliminar dels hàbitats marins bentònics a les illes Balears amb alguns comentaris des de la perspectiva de la conservació. In: *Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears* 20: 93-110.
- Ballesteros, E. i Zabala, M. 1993. El bentos: el marc físic. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 663-685.
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., Garcia-Rubies, A. i Turon, X. 1993. El bentos: les comunitats. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 687-730.
- Bibiloni, M.A., Gili, J.M. i Ros, J. 1984. Les coves submarines de les illes Medes. In: Ros, J., Olivella, I. i Gili, J.M. (eds.). *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Institut d'Estudis Catalans. 707-735.
- Bori, C., Gili, J.M. i Garcia, A. 1985. Presència de *Oligopus ater* Risso, 1810 (Pisces, Ophidiiformes) en cuevas submarines del litoral NE de Mallorca. *Miscellanea Zoologica*, 9: 401-404.
- Bussotti, S., Di Franco, A., Francour, P. i Guidetti, P. 2015. Fish assemblages of Mediterranean marine caves. *PLoS ONE*, 10(4): e0122632.
- Cardona, L. i Elices, M. 2002. Els peixos. Enciclopèdia de Menorca. *Obra Cultural de Menorca*. 327 pp.
- Cebrian, E., Uriz, M.J., Garrabou, J. i Ballesteros, E. 2011. Sponge mass mortalities in a warming Mediterranean Sea: are cyanobacteria-harboring species worse off?. *PLoS ONE*, 6(6): e20211.
- Cinelli, F., Fresi, E., Mazzella, L., Pansini, M., Pronzato, R. i Svoboda, A. 1977. Distribution of benthic phyto- and zoocenoses along a light gradient in a superficial marine cave. In: Keegan, B.F., O'Ceidigh, P. i Boaden, P.J.S. (eds.). *Biology of benthic organisms*. Pergamon, Oxford. 173-183.
- Coma, R., Cebrian, E., Linares, C., Tomas, F., Garcia, A. i Ballesteros, E. 2011. Efectos del cambio global sobre la biodiversidad del Parque Nacional de Cabrera: el caso de la comunidad del coralígeno de *Paramuricea clavata*. CEAB-CSIC y Fundación Biodiversidad. 70 pp. *Inèdit*.
- Comeau, M. i Savoie F. 2002. Maturity and reproductive cycle of the female American lobster, *Homarus americanus*, in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Journal of Crustacean Biology*, 22: 762-774.
- Díaz, D., Hereu, B., Aspillaga, E., Muñoz, A., Bartomeus, F. i Goñi, R. 2017. Hibernation of the slipper lobster *Scyllarides latus* in the Western Mediterranean. In: *11th International Conference & Workshop on Lobster Biology and Management*, Portland.
- Francour, P. 2008. First records of *Didogobius splechnai* along the French Mediterranean coast and additional comments about *D. schlieveni*. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 38: 139-141.
- Garcia-Rubies, A. 1993. Distribució batimètrica dels peixos litorals de substrat rocós a l'illa de Cabrera. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 645-661.
- Garrabou, J. i Harmelin, J.G. 2002. A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71: 966-978.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Diaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B., Lejeune, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J.C., Serrano, E., Teixidó, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. i Cerrano, C. 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15: 1090-1103.
- Garrabou, J., Perez, T., Sartoretto, S. i Harmelin, J.G. 2001. Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 217: 263-272.
- Garrabou, J., Sala, E., Arcas, A. i Zabala, M. 1998. The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology*, 12: 302-312.
- Gerovasileiou, V. i Voltsiadou, E. 2012. Marine caves of the Mediterranean Sea: a sponge biodiversity reservoir within a biodiversity hotspot. *PLoS ONE*, 7: e39873.
- Gerovasileiou, V. i Voltsiadou, E. 2014. Mediterranean marine caves as biodiversity reservoirs: a preliminary overview. In: Langar, H., Bouafif, C. i Ouerghi, A. (eds.). *Proceedings of the 1st Mediterranean Symposium on the conservation of Dark Habitats (Portoroz, Slovenia)*. RAC/SPA publ., Tunis. 45-50.
- Gerovasileiou, V., Voultsiadou, E., Issaris, Y. i Zenetos, A. 2016. Alien biodiversity in Mediterranean marine caves. *Marine Ecology*, 37: 239-256.
- Gili, J.M. i Ballesteros, E. 1991. Structure of cnidarian populations in Mediterranean sublittoral benthic communities as a result of adaptation to different environmental conditions. *Oecologia Aquatica*, 10: 243-254.
- Gili, J.M., Garcia-Rubies, A. i Tur, J.M. 1993. Els cnidaris bentònics. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 549-559.
- Gili, J.M., Riera, T. i Zabala, M. 1986. Physical and biological gradients in a submarine cave on the Western Mediterranean

- coast (north-east Spain). *Marine Biology*, 90: 291-297.
- Harmelin, J.G., Vacelet, J. i Vasseur, P. 1985. Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Téthys*, 11: 214-229.
- Herler, J., Patzner, R.A., Ahnelt, H. i Hilgers, H. 1999. Habitat selection and ecology of two speleophilic gobiid fishes (Pisces: Gobiidae) from the Western Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, 20: 49-62.
- Holthuis, L.B. 1991. Marine lobsters in the world. An annotated and illustrated catalogue of the species of interest to fisheries known to date. *FAO Species Catalogue*, 145, Vol. 13, pp. 1292.
- Hussey, N.E., Kessel, S.T., Aarestrup, K., Cooke, S.J., Cowley, P.D., Fisk, A.T., Harcourt, R.G., Holland, K.N., Iverson, S.J., Kocik, J.F., Mills Flemming, J.E. i Whoriskey, F.G. 2015. Aquatic animal telemetry: A panoramic window into the underwater world. *Science*, 348: 1255642.
- Jaume, D. 1993. Fauna carcinològica de les aigües continentals. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears*, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 309-322.
- Jaume, D. i Garcia, L. 1992. *Burrimysis palmeri*, a new genus and species of Heteromysini (Crustacea: Mysidacea) from an anchihaline cave lake of Cabrera (Balearic Islands, Mediterranean). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 62: 227-235.
- Kipson, S., Fourn, M., Teixidó, N., Cebrian, E., Casas, E., Ballesteros, E., Zabala, M. i Garrabou, J. 2011. Rapid biodiversity assessment and monitoring method for highly diverse benthic communities: a case study of Mediterranean coralligenous outcrops. *PLoS ONE*, 6(11): e27103.
- Linares, C., Ballesteros, E., Verdura, J., Aspillaga, E., Capdevila, P., Coma, R., Diaz, D., Garrabou, J., Hereu, B., Ledoux, J.B., Tomas, F., Uriz, J.M. i Cebrian, E. 2018. Efecto del cambio climático sobre la gorgonia *Paramuricea clavata* y el coralígeno asociado en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera. In: *Proyectos de investigación en Parques Nacionales* (eds). Organismo Autónomo de Parques Nacionales, pp. 45-67.
- Linares, C., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Diaz, D., Hereu, B. i Dantart, L. 2010. Assessing the impact of diving in coralligenous communities: the usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Scientific Reports of the Port-Cros National Park*, 24: 161-184.
- MacDiarmid, A.B. i Kittaka, J. 2000. Breeding. In: Phillips, B.F. i Kittaka J (eds.). *Spiny lobsters: Fisheries and culture*. Backwell Science, Oxford. 485-507.
- Martí, R. 2002. *Spatial and temporal variation of the natural toxicity in benthic communities of Mediterranean caves*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona. 353 pp.
- Martí, R., Uriz, M.J. i Turon, X. 2005b. Spatial and temporal variation of natural toxicity in cnidarians, bryozoans and tunicates in Mediterranean caves. *Scientia Marina*, 69: 485-492.
- Martí, R., Uriz, M.J. i Turon, X. 2005c. Seasonal and spatial variation of species toxicity in Mediterranean seaweed communities: correlation to biotic and abiotic factors. *Marine Ecology Progress Series*, 282: 73-85.
- Martí, R., Uriz, M.J., Ballesteros, E. i Turon, X. 2004a. Benthic assemblages in two Mediterranean caves: species diversity and coverage as a function of abiotic parameters and geographic distance. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 557-572. A.
- Martí, R., Uriz, M.J., Ballesteros, E. i Turon, X. 2004b. Temporal variation of several structure descriptors in animal-dominated benthic communities in two Mediterranean caves. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 573-580.
- Martí, R., Uriz, M.J., Ballesteros, E. i Turon, X. 2005a. Seasonal variation in the structure of three algal communities in various light conditions. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64: 613-622.
- Morri, C. i Bianchi, C.N. 2003. Zonazione biologica. In: Cicogna, F., Bianchi, C.N., Ferrari, G. i Forti, P. (eds.). *Grotte marine: cinquant'anni di ricerca in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio, Roma. 257-265.
- Parravicini, V., Guidetti, P., Morri, C., Montefalcone, M., Donato, M. i Bianchi, C.N. 2010. Consequences of sea water temperature anomalies on a Mediterranean submarine cave ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 276-282.
- Patzner, R.A. 1999. Habitat utilization and depth distribution of small cryptobenthic fishes (Blenniidae, Gobiidae, Trypterygiidae) in Ibiza (western Mediterranean Sea). *Environmental Biology of Fishes*, 55: 207-214.
- Péres, J.M. i Picard, J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 31: 1-137.
- Pergent, G., Aguilar, R., Ballesteros, E., Bazairi, H., Nike Bianchi, C., Bitar, G., Borg, J., Chevaldonné, P., Daniel, B., Gerovasileiou, V., Harmelin, J., Mastrototaro, F., Ouerghi, A., Perez, T., Pergent-Martini, C., Sartoretto, S., Schembri, P., Tilot, V., Tunesi, L. i Vacelet, J. 2015. *Action Plan for the conservation of habitats and species associated with seamounts, underwater caves and canyons, aphotic hard beds and chemo-synthetic phenomena in the Mediterranean Sea. Dark Habitats Action Plan*. UNEP-MAP-RAC/SPA. 40 pp.
- Rastorgueff, P.A., Bellan-Santini, D., Bianchi, C.N., Bussotti, S., Chevaldonné, P., Guidetti, P., Harmelin, J.G., Montefalcone, M., Morri, C., Perez, T., Ruitton, S., Vacelet, J. i Personnic, S. 2015. An ecosystem-based approach to evaluate the ecological quality of Mediterranean undersea caves. *Ecological Indicators*, 54: 137-152.
- Reñones O., Coll J., Díaz D., Morey G., Martino S., Navarro O., Stobart B., Deudero S. i Grau A.M. 2010. Estudio de la biología y ecología de *Scyllarides latus* en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Implicaciones para la gestión de la especie en las Islas Baleares. Proyecto "LATUS 2006-2009". COB-IEO, 61 pp.
- Riedl, R. 1966. *Biologie der Meereshöhlen*. Paul Parey, Hamburg, 636 pp.

- Riera, F., Pou, S. i Grau A.M. 1993. La ictiofauna. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2.* CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 623-644.
- Sala, E., Garrabou, J. i Zabala, M. 1996. Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology*, 126: 451-459.
- Sket, B. 1996. The ecology of anchihaline caves. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 221-225.
- Spanier, E. i Lavalli, K.L. 2006. *Scyllarides* species. *In: (Phillips, B.F. ed.). Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries.* Wiley. 385-411.
- Lavalli K.L. i Spanier E. 2007. *The biology and fisheries of slipper lobster.* Edited by Lavalli and Spanier, 404 pp.
- Stefanni, S. 1999. A new record of *Didogobius splechnai* Ahnelt i Patzner, 1995 (Gobiidae) from the central Mediterranean Sea. *Cybium*, 23: 105-107.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Marín, L. i Brito, A. 2012. *Guía interpretativa: Inventario español de hábitats marinos.* Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 229 pp.
- Trias, M. 1993. Catàleg espeleològic. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera.* Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 131-152.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Ginés, A., Gracia, F. i Fornós, J.J. 2006. Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleotherms. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50: 1-21.
- Turon, X. 1993. Els ascidis: faunística i distribució. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera.* Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 607-621.
- Turon, X., Martí, R. i Uriz, M.J. 2009. Chemical bioactivity of sponges along an environmental gradient in a Mediterranean cave. *Scientia Marina*, 73: 387-397.
- Uriz, M.J. 1993. Les esponges litorals. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera.* Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 531-547.
- Uriz, M.J., Rosell, D., i Martin, D. 1991. The sponge population of the Cabrera Archipelago (Balearic Islands): Characteristics, distribution and abundance of the most representative species. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 12: 101-117.
- Uriz, M.J., Zabala, M., Ballesteros, E., Garcia-Rubies, A. i Turon, X. 1993. El bentos: les coves. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera.* Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 731-748.
- Vacelet, J., Boury-Esnault, N. i Harmelin, J.G. 1994. Hexactinellid cave, a unique deep-sea habitat in the scuba zone. *Deep Sea Research I*, 41: 965-973.
- Vesica, P.L., Tuccimei, P., Turi, B., Fornós, J.J., Ginés, A. i Ginés, J. 2000. Late Pleistocene and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleotherms, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.
- Zabala, M. 1993. Els briozous. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera.* Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 561-577.

ELS FONTS CIRCALITORALS: CORAL·LIGEN I AVELLANÓ

Enric Ballesteros

Centre d'Estudis
Avançats de Blanes-
CSIC,
Girona
kike@ceab.csic.es

Emma Cebrian

Centre d'Estudis
Avançats de Blanes-
CSIC,
Girona
Departament de
Ciències Ambientals,
Universitat de Girona,

Fiona Tomas

Institut Mediterrani
d'Estudis Avançats
(CSIC-UIB),
Esporles.
Department of
Fisheries and Wildlife,
Oregon State
University, USA

Ricardo Aguilar

Fundación
Oceana,
Madrid

Cristina Linares

Departament de
Biologia Evolutiva,
Ecologia i Ciències
ambientals,
Universitat de
Barcelona.

Rafel Coma

Centre d'Estudis Avançats
de Blanes-CSIC,
Girona

David Díaz

Instituto Español
de Oceanografía,
Centre Oceanogràfic de
Balears

Jana Verdura

Centre d'Estudis Avançats
de Blanes-CSIC,
Girona
Departament de Ciències
Ambientals, Universitat de
Girona,

Joaquim Garrabou

Institut de Ciències del
Mar-CSIC,
Barcelona

Ballesteros, E., Cebrian, E., Tomás, F., Aguilar, R., Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Verdura, J. i Garrabou, J. (2020). Els fons circalitorals: Coral·ligen i avellanó. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Es recopilen les novetats més significatives sobre el coneixement dels fons circalitorals rocosos i de rodòlits de l'arxipèlag de Cabrera i aigües adjacents des de la seva declaració com a parc nacional. Es llisten un total de 20 hàbitats rocosos i 8 de rodòlits (anomenats avellanó a Balears), alguns dels quals estan dominats per espècies vulnerables des del punt de vista de la conservació (*Fucales*, *Laminaria rodriguezii*, *Paramuricea clavata*). L'hàbitat dominat per la gorgònia *Paramuricea clavata* ha resultat afectat per anomalies tèrmiques positives de forma recurrent en els darrers 10 anys, sobretot a la seva franja batimètrica més superficial (37-45 metres), amb una disminució de la densitat de les colònies fins a pràcticament zero a 37 metres i en un 70% a 45 metres. Aquesta disminució de la densitat comporta també un descens del nombre d'espècies de macroinvertebrats i la substitució d'unes espècies per altres, amb un increment del component algal i de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*, alga que també augmenta en la comunitat no aclarida de *Paramuricea clavata*. Els fons circalitorals de l'arxipèlag de Cabrera estan colonitzats per quatre algues introduïdes, (*Caulerpa cylindracea*, *Womersleyella setacea*, *Asparagopsis taxiformis*, *Lophocladia lallemandii*) essent les dues primeres les que mostren un potencial més invasor. Finalment, la pesca artesanal continua tenint un efecte negatiu important en la conservació dels fons circalitorals ja que no hi ha cap àrea de reserva integral que inclogui aquesta mena de fons. Tot i que no hi ha mesures de gestió a nivell local efectives encaminades a frenar l'impacte de les anomalies tèrmiques ni de les algues invasores, proposem una regulació de la pesca en els hàbitats circalitorals que prohibeixi les xarxes o, alternativament, es declari zones de reserva integral en zones profundes.

Paraules clau: *Cabrera*, *fons circalitorals*, *coral·ligen*, *avellanó*, *Paramuricea*, *algues invasores*, *mortalitat*, *canvi climàtic*

ABSTRACT

Here we summarize the new data on the knowledge of circalittoral rocky bottoms and rhodolith beds of the Archipelago of Cabrera and surrounding waters since its declaration as a National Park. We list a total of 20 rocky and 8 rhodolith habitats, some of them dominated by vulnerable species regarding their conservation status (Fucales, *Laminaria rodriguezii*, *Paramuricea clavata*). The habitat dominated by the soft coral *Paramuricea clavata* has been recurrently affected by positive thermal anomalies since 2007, mainly at the upper limit of its distribution (37 to 45 meters depth), with a decrease of colony density to practically zero at 35 meters and a 70% reduction at 45 meters. Such decrease has been followed by a decrease in the number of invertebrate species as well as the replacement of some species by others. Indeed, there has been an important increase of algae and, in particular, of the invasive species *Caulerpa cylindracea*, which has also increased in areas where the density of *Paramuricea* has remained constant. The circalittoral bottoms of Cabrera are colonized by four species of alien macroalgae (*Caulerpa cylindracea*, *Womersleyella setacea*, *Asparagopsis taxiformis*, *Lophocladia lallemandii*), the first two behaving as invasive. Finally, artisanal fisheries still have a negative impact in the conservation of circalittoral bottoms as there is no circalittoral area where fishing is completely forbidden. Even though there are no effective local management measures to avoid the impact of thermal anomalies or the arrival and colonization by invasive species we propose some type of trammel net fishing regulation/prohibition in all the National Park or the declaration of some no take areas in circalittoral bottom areas to improve their conservation.

Key words: *Cabrera, circalittoral bottoms, coralligenous, rhodolith beds, Paramuricea, alien seaweeds, mortality, climate change*

INTRODUCCIÓ

Les zones profundes lleugerament il·luminades són les dominants a les aigües del Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera tal i com està delimitat en l'actualitat. Això tampoc canvia en el futur –esperem proper– en el cas que s'apliquin les propostes d'ampliació actualment en estudi (Oceana, 2015).

En aquest volum hi ha un capítol especialment dedicat als fons rocosos infralitorals. Aquí parlarem sobretot de tota la resta de fons rocosos submergits, no infralitorals, allò que es coneix com els fons rocosos del pis circalitoral. Estrictament el coral·ligen és una formació biogènica creada per algues calcàries en condicions de llum reduïda (Ballesteros, 2006), però aquí també parlarem d'aquells hàbitats profunds dominats per algues brunes com les Fucals o *Laminaria rodriguezii* i aquells hàbitats profunds sense un creixement en potència de les algues calcàries i dominats per invertebrats. També comentarem aquí els fons de rodòlits en sentit ampli. Els rodòlits són nòduls més o menys arrodonits, més o menys ramificats –de vegades gens– constituïts per algues Coral·linals de vida lliure que poden créixer sobre el fons marí en grans quantitats formant els anomenats científicament fons de rodòlits i que a Balears s'anomenen fons d'avellanó. Si les espècies dominants són ramificades s'utilitza també el nom de fons de *maërl* (Basso, 2015). També inclourem aquí els fons dominats per unes altres algues calcàries –de vegades calcificades molt parcialment– del gènere *Peyssonnelia* (Peyssonnelials), que estructuralment constitueixen uns hàbitats semblants als dels rodòlits i amb els quals sovint conviuen. La raó d'incloure els fons de rodòlits i *Peyssonnelia* en aquest apartat és que en molts aspectes els hàbitats amb rodòlits són més afins morfològicament i funcional als fons durs que no pas als fons tous, tot i que majoritàriament s'assentin sobre sediment i no sobre roca.

Les característiques ambientals dels fons circalitorals a l'arxipèlag de Cabrera i zones properes ja han estat descrites a Ballesteros i Zabala (1993). El paràmetre ambiental que millor defineix els fons circalitorals és la baixa irradiància, que oscil·la entre el 5 i el 0,05% de la irradiància superficial. La variació estacional és també important, amb aigües més tèrboles a l'hivern i més clares a l'estiu (Ballesteros i Zabala, 1993). El canvi d'irradiància en fondària a la zona circalitoral és molt gran, de dos ordres de magnitud, que és la diferència que hi ha entre la llum que arriba als 35 metres –límit

superior de l'estatge circalitoral- i els 108 metres –límit inferior de la presència de macroalgues bentòniques a Cabrera-. És per això que en l'estatge circalitoral hi apareixen hàbitats molt diversos, cadascú adaptat a unes determinades irradiàncies, però també als valors d'altres factors ambientals. La temperatura és un d'ells. En general, la temperatura a tot l'estatge circalitoral varia poc al llarg de l'any a Cabrera –entre 14,5 i 18,0 °C- però entre setembre i novembre pot augmentar fins a 24 °C a 35 m però no superar els 18 °C a fondàries iguals o superiors a 60 metres (Ballesteros i Zabala, 1993). L'hidrodinamisme està molt reduït si el comparem amb el de les comunitats superficials però poden haver-hi moments d'hidrodinamisme unidireccional intens en caps i fons situats a mar obert (Ballesteros i Zabala, 1993). D'altra banda, els nutrients mostren un cicle anual i uns valors absoluts semblants als de les aigües superficials, amb mínims durant l'estiu i la tardor (Ballesteros i Zabala, 1993).

En aquest capítol posarem al dia els coneixements sobre l'estatge circalitoral rocós i els fons d'avellanó de Cabrera adquirits al llarg dels darrers 25 anys, ampliant els coneixements exposats a Ballesteros *et al.* (1993). En concret (1) recollirem els hàbitats circalitorals presents a Cabrera adaptats al llistat actual d'hàbitats marins a Espanya (Templado *et al.*, 2012), remarcant la seva importància a nivell de conservació, (2) comentarem els efectes dels principals impactes antròpics sobre els fons circalitorals, en especial les anomalies tèrmiques, les espècies invasores i la pesca i (3) discutirem possibles propostes de gestió al parc nacional encaminades a reduir –si és possible– aquests impactes.

MATERIAL I MÈTODES

El recull dels hàbitats de la zona circalitoral de Cabrera –prenent com a referència el llistat d'hàbitats presents a la “Lista Patrón de Hábitats Marinos Españoles” (LPRE, Templado *et al.*, 2012)- s'ha elaborat amb la informació obtinguda de l'exploració de les aigües del Parc Nacional mitjançant la immersió en escafandre autònom i els vehicles d'operació remota (ROVs) durant els darrers 25 anys. Comentarem també l'impacte de les anomalies tèrmiques positives a la paret de llevant de la Imperial on es desenvolupa una comunitat coral·lígena dominada per la gorgònia *Paramuricea clavata*, que ha estat objecte de seguiment des de l'any 2007 (Coma *et al.*, 2011; Linares *et al.*, 2018; Verdura *et al.* 2019). També recollirem algunes particularitats sobre la colonització d'algues introduïdes en els fons circalitorals de Cabrera a partir de resultats ja publicats, així com les poques dades que hi ha sobre l'efecte de la pesca artesanal a les comunitats circalitorals rocoses del parc nacional.

RESULTATS

HÀBITATS

L'exploració dels fons circalitorals de l'arxipèlag de Cabrera i àrees properes (Aguilar *et al.*, 2008; autors, dades inèdites) ha permès la identificació dels hàbitats de roca circalitoral i fons d'avellanó (i hàbitats similars dominats per macroalgues) que es presenten a la Taula I i que comentem breument a continuació.

L'hàbitat de roca circalitoral amb *Cystoseira* spp. és extraordinàriament rar a Cabrera i, de fet, fins ara no s'ha trobat cap indret on aquestes espècies d'algues arribin a formar un bosc, tot i que al voltant de l'illa de Cabrera i a l'illot de la Imperial hem observat petites poblacions d'algunes de les espècies que poden formar boscos: *Carpodesmia funkii* (Imperial), *C. zosteroides* (sud de Cabrera) i *Treptacantha ballesterosii* v. *compressa* (Cap de Llebeig). La roca circalitoral amb *Laminaria rodriguezii* és present sobretot al Fort d'en Moreu (Fig. 1), (Aguilar *et al.* 2008) encara que alguns individus d'aquesta espècie es localitzen també a l'oest i sud de Cabrera, per sota dels 70 metres. La roca circalitoral amb *Phyllariopsis brevipes* és molt escassa i s'observa en algun indret de la costa sud de l'illa, sovint juntament amb la roca circalitoral no concrecionada amb *Arthrocladia villosa* i *Sporochnus pedunculatus*. En canvi, la roca circalitoral dominada per dictiotals (*Dictyopteris lucida*,

D. polypodioides, *Dictyota* sp.) és força abundant a les bases de les parets prou profundes, mentre que la roca circalitoral amb *Osmundaria volubilis*/*Phyllophora crispa* està ben representada al nord de l'arxipèlag (Na Foradada). El coral·ligen de dominància algal és, però, l'hàbitat més ben representat en els fons rocosos circalitorals de Cabrera. El coral·ligen amb *Halimeda tuna* i el coral·ligen amb *Mesophyllum expansum* són els més superficials, mentre que el dominat per *Lithophyllum stictaeforme* es localitza en aigües més profundes. Sovint, a la base de les parets verticals es desenvolupa un coral·ligen "mixte" que no correspon a cap dels hàbitats concrets definits a la LPRE, on són molt abundants diferents espècies de *Peyssonnelia*, *Halopteris filicina* i *Flabellia petiolata* (Fig. 2). Les algues vermelles toves laminars són poc abundants a Cabrera. El coral·ligen dominat per invertebrats és rar a Cabrera doncs el component algal està habitualment molt ben desenvolupat. Tot i així hi ha petites zones on alguns invertebrats com *Alcyonium acaule*, *Leptopsammia pruvotii* o *Paramuricea clavata* són relativament abundants creixent sobre la concreció coral·ligena. Això no obstant, la dominància d'invertebrats és més palesa sobre la roca circalitoral no concrecionada. En parets verticals com la de llevant de la Imperial apareix *Paramuricea clavata* molt abundant, fins a 66 metres (Fig. 3), i hi ha roques al quadrant sud i est de Cabrera amb presència d'aquest hàbitat. *Parazoanthus axinellae* és l'espècie dominant en un hàbitat situat a poca fondària en parets vertical poc il·luminades sotmeses a hidrodinamisme intens, *Reteporella* spp. pot formar aglomeracions en zones esciòfiles com els arcs de l'Estell des Coll mentre que *Spongia agaricina* i altres grans sponges les hem localitzat a les bases de parets verticals situades al sud de l'illa principal. A mar obert hi ha lloses més o menys planes cobertes de sediment on dominen les sponges, alguns poliquets tubícoles (*Sabella*, principalment) o *Cerianthus*. A Cabrera, el corall vermell (*Corallium rubrum*) és propi de túnels submergits, a una certa fondària (Estells, Imperial), encara que el podem trobar poblant la part inferior de petits ressals en parets profundes de l'estatge circalitoral, sobretot al sud-est de l'illa principal, però no constitueix cap hàbitat pròpiament dit.



Figura 1. Creixement de *Laminaria rodriguezii* al Fort d'en Moreu (Foto: Oceana).



Figura 2. Aspecte del coral-ligen amb dominància d'algues (*Flabellia petiolata* i *Peyssonmelia* spp., principalment) en un promontori rocós situat a 50 metres, al sud-oest del cap d'Anciola (Foto: Enric Ballesteros).

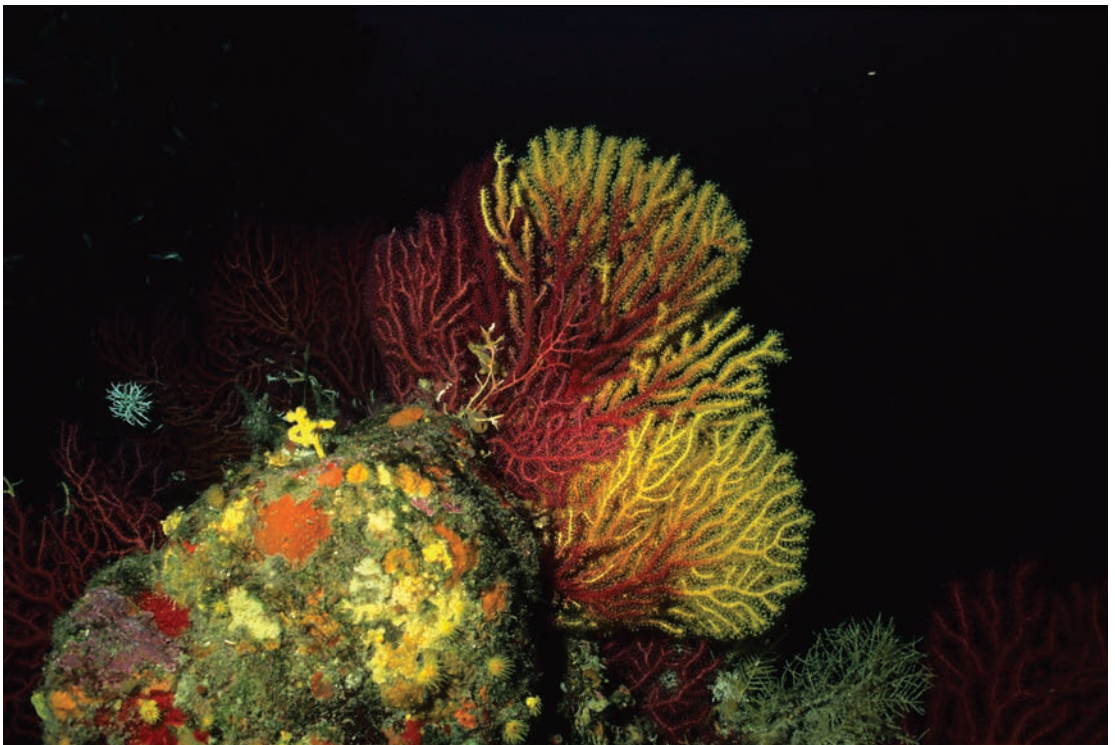


Figura 3. Aspecte de la roca circularitoral no concrecionada amb *Paramuricea clavata*, a la base de la pared sud-est de la Imperial, a 65 metres de fondària (Foto: Enric Ballesteros).



Figura 4. Mortalitat total de la gorgònia *Paramuricea clavata* a la paret de la Imperial, a 37 metres de fondària, el novembre de 2007 (Foto: Enric Ballesteros).

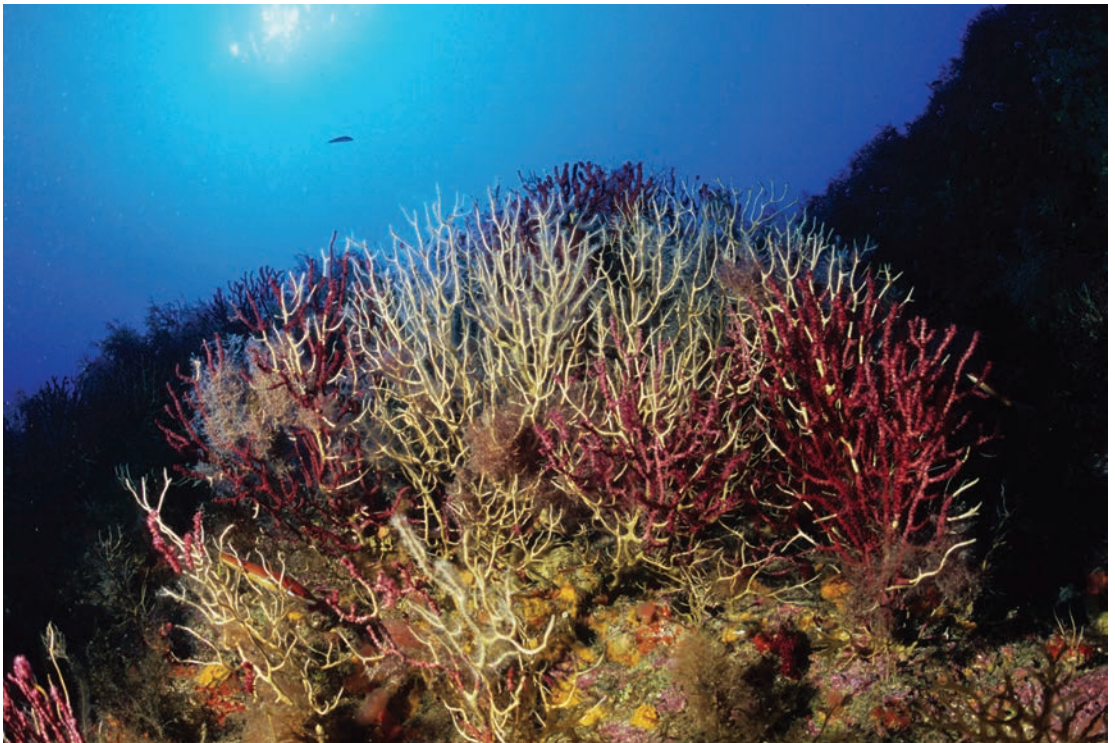


Figura 5. Efecte de la mortalitat sobre la població de *Paramuricea clavata* de la paret de la Imperial a 42 m de fondària, el novembre de 2007 (Foto: Enric Ballesteros).

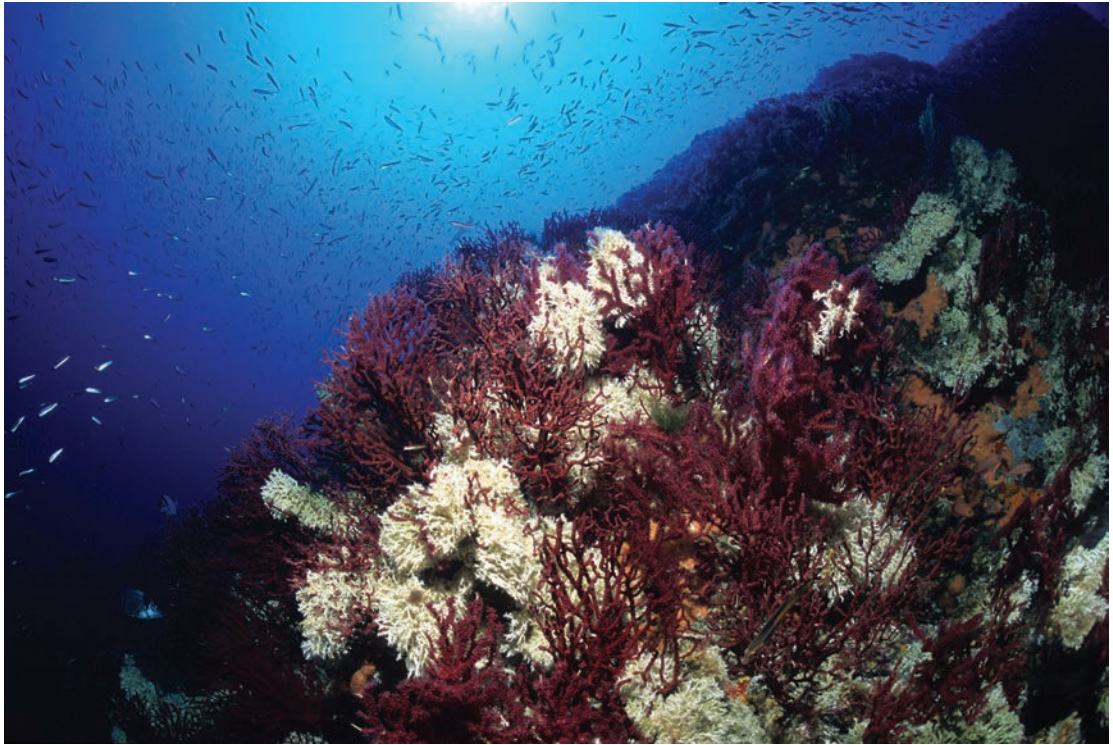


Figura 6. Creixement explosiu a l'estiu de 2008 del poliuet *Salmacina dysteri* sobre colònies de *Paramuricea clavata* afectades parcialment per la mortalitat de l'any 2007 (Foto: Enric Ballesteros).

Els fons circalitorals de substrat tou dominats per algues són comuns a Cabrera, on hi ha diferents hàbitats. Els fons d'avellanó clàssics, amb algues coral·linals de vida lliure són presents al nord de l'arxipèlag, molt malmesos per la pesca de ròssec, i al quadrant est, on estan més ben conservats. Poden estar dominants per *Lithothamnion corallioides*, *Spongites fruticulosa* o *Lithothamnion valens*. També són molt comuns els fons amb algues del gènere *Peyssonnelia* (*P. rosa-marina* en fons més enfangats i *P. crispata* en fons més sorrencs, principalment, però també d'altres espècies). Apart d'aquests hàbitats, estrictament lligats al substrat tou, també hi ha poblaments d'algues erectes -molt semblants als esmentats per a la roca circalitoral no concrecionada- que creixen sobre el detrític costaner on moltes d'aquestes algues hi troben prou suport com per a desenvolupar-se (*Laminaria rodriguezii*, *Halopteris filicina*, *Osmundaria volubilis*, *Phyllophora crispa*, *Sporochmus pedunculatus*, *Arthrocladia villosa*) (Taula I).

Taula I. Hàbitats circalitorals rocósos i d'avellanó al Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera i aigües properes seguint la classificació de la "Lista Patrón de Hábitats Marinos Españoles".

CÒDIG LPRE	NIVELL	HÀBITATS
0302	2	Estatge circalitoral rocós i altres substrats durs
030201	3	Roca circalitoral dominada per algues
03020101	4	Roca circalitoral dominada per fucals
0302010101	5	Roca circalitoral amb <i>Carpodesmia zosteroides</i> / <i>Treptacantha ballesterosii</i> v. <i>compressa</i>
03020102	4	Roca circalitoral dominada per laminarials i/o tilopteridals
0302010201	5	Roca circalitoral amb <i>Laminaria rodriguezii</i>
0302010202	5	Roca circalitoral amb <i>Phyllariopsis brevipes</i>
03020103	4	Roca circalitoral no concrecionada dominada per algues, sense fucals, ni laminarials, ni tilopteridals

0302010301	5	Roca circalitoral no concrecionada amb <i>Dictyopterus lucidal</i> / <i>Dictyota</i> sp.
0302010302	5	Roca circalitoral no concrecionada amb <i>Arthrocladia villosa</i> / <i>Sporochmus pedunculatus</i>
0302010303	5	Roca circalitoral no concrecionada amb <i>Osmundaria volubilis</i> / <i>Phyllophora crispa</i>
03020104	4	Coral·ligen amb dominància d'algues, sense fucals, ni laminarials, ni tilopteridals
0302010401	5	Coral·ligen amb <i>Halimeda tuna</i> / <i>Mesophyllum alternans</i>
0302010402	5	Coral·ligen amb algues vermelles toves laminars
0302010403	5	Coral·ligen amb <i>Lithophyllum stictaeforme</i>
0302010404	5	Coral·ligen amb <i>Mesophyllum expansum</i>
030202	3	Roca circalitoral dominada per invertebrats
03020223	4	Roca circalitoral no concrecionada dominada per invertebrats
0302022302	5	Roca circalitoral no concrecionada amb <i>Paramuricea clavata</i>
0302022305	5	Roca circalitoral no concrecionada amb dominància d'esponges (<i>Spongia agaricina</i> i altres)
0302022306	5	Roca circalitoral no concrecionada amb grans briozous (<i>Pentapora</i> spp., <i>Reteporella</i> spp.)
0302022308	5	Roca circalitoral no concrecionada amb <i>Parazoanthus axinellae</i>
03020224	4	Roca circalitoral colmatada per sediments
0302022401	5	Roca circalitoral colmatada per sediments amb poliquets tubícoles
0302022402	5	Roca circalitoral colmatada per sediments amb esponges (<i>Axinella</i> spp., principalment)
0302022404	5	Roca circalitoral colmatada per sediments amb <i>Cerianthus membranaceus</i>
03020225	4	Coral·ligen amb dominància d'invertebrats
0302022501	5	Coral·ligen amb <i>Paramuricea clavata</i>
0302022503	5	Coral·ligen amb <i>Alcyonium acaule</i>
0302022504	5	Coral·ligen amb <i>Leptopsammia pruvoti</i>
0304	2	Estatges infralitoral i circalitoral sedimentaris
030405	3	Fons detrítics biogènics infralitorals i circalitorals
03040506	4	Fons d'avellanó
0304050601	5	Fons d'avellanó amb dominància de <i>Phymatolithon calcareum</i> / <i>Lithothamnion corallioides</i>
0304050602	5	Fons d'avellanó amb dominància de <i>Peyssonnelia rosa marina</i>
0304050603	5	Fons d'avellanó amb dominància de <i>Spongites fruticulosa</i>
0304050604	5	Fons d'avellanó amb dominància de <i>Peyssonnelia</i> spp.
03040507	4	Fons detrítics biogènics circalitorals amb <i>Phyllophora crispa</i> / <i>Osmundaria volubilis</i>
03040508	4	Fons detrítics biogènics circalitorals amb <i>Laminaria rodriguezii</i>
03040510	4	Fons detrítics biogènics infralitorals i circalitorals amb <i>Halopteris filicina</i>
03040512	4	Fons detrítics biogènics infralitorals i circalitorals amb <i>Arthrocladia villosa</i> i <i>Sporochmus pedunculatus</i>

IMPACTE DE LES ANOMALIES TÈRMiques

Els estudis sobre les anomalies tèrmiques positives a Cabrera provenen majoritàriament de la paret sud-est de l'illot de la Imperial, on en el 2007 es varen instal·lar sensors de temperatura cada 5 m entre 5 m i 65 m de fondària. En aquesta paret es desenvolupa un coral·ligen amb la gorgònia *Paramuricea clavata* com a espècie dominant. Coma *et al.* (2011) i Linares *et al.* (2018) detecten fortes anomalies tèrmiques positives per sobre dels 45 metres de fondària durant l'estiu-tardor dels anys 2007 i 2011, les quals es corresponen amb mortalitats elevades de les gorgònies (Figures 4,

5, 6). Aquestes mortalitats poden afectar totalment o parcial a les colònies però la majoria de les afectades parcialment es degraden durant els anys posteriors, quan acaben morint. De fet, a l'any 2015, la població de gorgònies a 37 metres de fondària es podia donar com a desapareguda (les densitats havien disminuït un 95% respecte als valors d'abans de l'anomalia tèrmica de 2007) i a 45 metres les densitats s'havien reduït d'un 70% (Linares *et al.*, 2018). Aquesta elevada mortalitat té un efecte sobre la diversitat i estructura de la comunitat que s'estableix al "sotabosc" de les gorgònies, amb un descens del nombre total d'espècies i una substitució d'unes espècies per altres. En general, s'observa un decreixement de l'abundància d'espècies de macroinvertebrats filtradors (esponges, tunicats erectes, cnidaris, alguns briozous) i l'increment en l'abundància d'espècies d'algues brunes i verdes i macroinvertebrats de creixement ràpid o resistents a la sedimentació (Verdura *et al.*, 2019). D'entre les espècies algals que s'han vist positivament afectades de manera indirecta per les anomalies tèrmiques hi ha l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* (Fig. 7) inexistent abans de 2007 però relativament abundant l'any 2014 entre 40 i 45 metres (Verdura *et al.*, 2019).

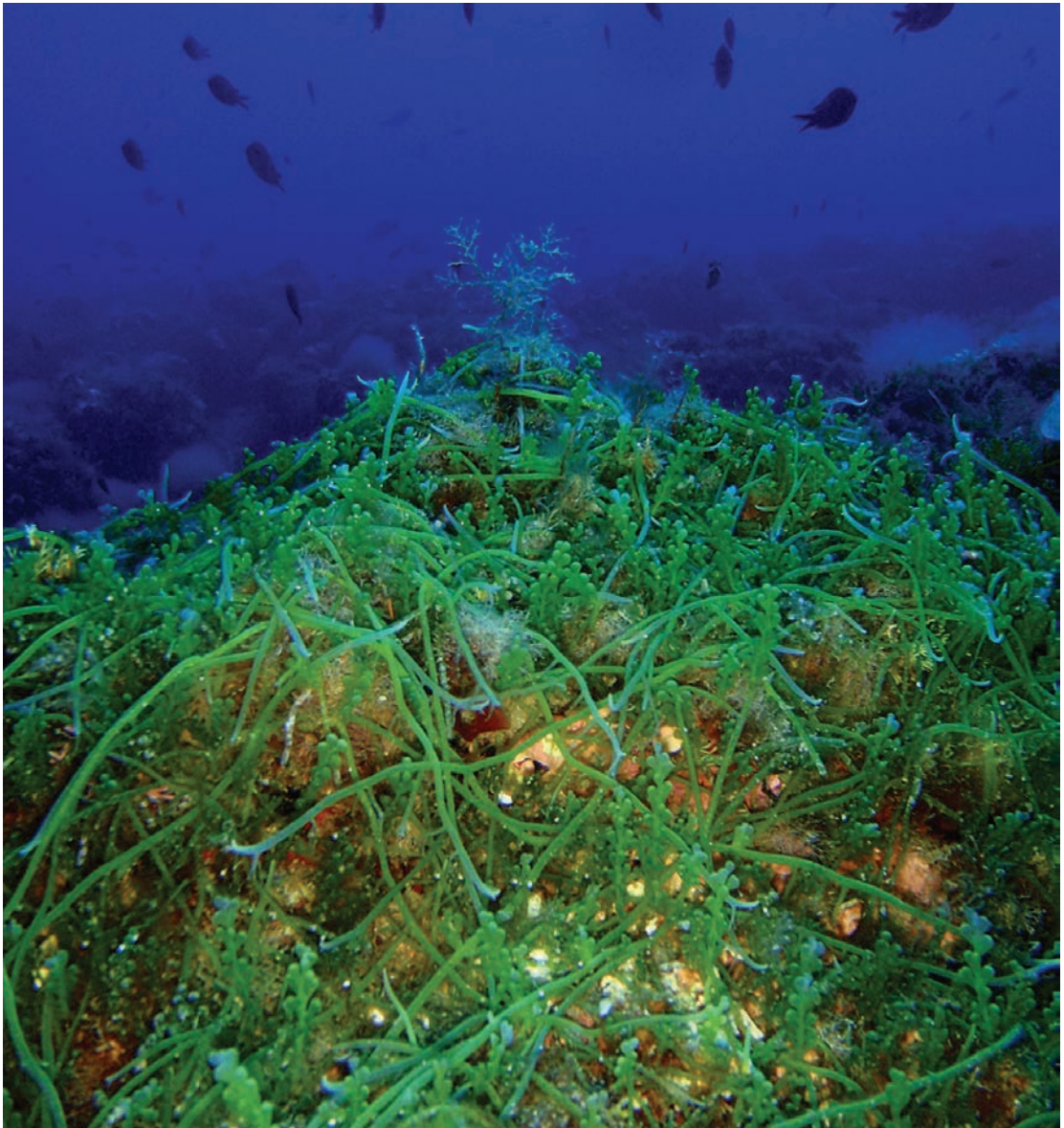


Figura 7. Creixement de *Caulerpa cylindracea* en un fons circalitoral rocós a 40 metres de fondària (Foto: David Diaz).

Els forts canvis observats a la paret sud-est de la Imperial s'han relacionat amb l'efecte de les anomalies tèrmiques en l'augment de la mortalitat de les gorgònies i a com la subseqüent desaparició de l'estrat de gorgònies afecta a la resta de la comunitat. Tot i que no hi ha hagut seguiments específics en d'altres llocs de l'arxipèlag, en visites esporàdiques a d'altres ambient coral·lígens de Cabrera (Estells, Anciola, Llebeig), no hem detectat canvis que es puguin associar de forma clara a les elevades temperatures. El mateix passa amb els fons d'avellanó.

LES ESPÈCIES INTRODUÏDES

A l'arxipèlag de Cabrera hi ha 4 espècies d'algues introduïdes que colonitzen els fons coral·lígens i d'avellanó (Taula II).

Taula II. Espècies, abundàncies i any de primera detecció de les algues introduïdes als fons de coral·ligen i d'avellanó de l'arxipèlag de Cabrera.

Espècie	Coral·ligen	Avellanó	Detecció
<i>Caulerpa cylindracea</i>	Ocasional	Habitual	2003
<i>Womersleyella setacea</i>	Habitual	Rara	1995
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	Ocasional	Rara	1996
<i>Lophocladia lallemandii</i>	Molt rara	Molt rara	2002

Caulerpa cylindracea (= *Caulerpa racemosa* v. *cylindracea*) fou detectada inicialment a l'arxipèlag de Cabrera l'any 2003 i ràpidament es va estendre a la majoria d'hàbitats rocosos i d'avellanó situats entre 0 i 65 metres (Cebrian i Ballesteros, 2009; Fig. 8). De les localitats profundes (30 metres) estudiades a Cebrian i Ballesteros (2009) només el Freu de la Imperial alberga un fons d'avellanó i en cap es va mostrejar al coral·ligen. En general, *Caulerpa cylindracea* és més abundant en aigües profundes que superficials (10 m) i en cap cas mostra una estacionalitat regular, encara que hi ha canvis molt marcats en la seva abundància (Cebrian i Ballesteros, 2009). És també remarcable el fet que *Caulerpa cylindracea* és sempre més llarga (arribant fins a 20 cm) en fondària que en comunitats superficials (Cebrian i Ballesteros, 2009). *Caulerpa cylindracea* és molt habitual als fons d'avellanó fins a les fondàries regularment prospectades amb escafandre autònom (65 metres) i en les comunitats coral·lígenes situades a relativa poca fondària (35-50 m). En la resta d'hàbitats coral·lígens ben constituïts *Caulerpa cylindracea* és ocasional excepte en fons de coral·ligen degradats amb abundants algues erectes, on mostra una major abundància (Verdura *et al.*, 2019). *Caulerpa cylindracea* –en tenir necessitats fotosintètiques– esdevé rara o inexistent als fons coral·lígens i d'avellanó més profunds, per sota dels 65 metres.

No hi ha cap estudi publicat sobre l'abundància de les altres tres espècies d'algues introduïdes presents als fons coral·lígens i d'avellanó de l'arxipèlag de Cabrera.

Womersleyella setacea va ser recol·lectada de Cabrera per primera vegada l'any 1995 (Ballesteros, 1997) i actualment està distribuïda per tots els fons coral·lígens de l'arxipèlag. A finals de la dècada dels 90, a l'Estell des Coll -localitat on es va recol·lectar ja l'any 1995- recobria entre un 20 i un 50% del coral·ligen a 50 metres de fondària i tenia una biomassa d'entre 10 i 110 g pes sec m⁻² (Sant *et al.*, 2017; Fig. 9). A Cabrera, però, tot i ser una espècie abundant no arriba a monopolitzar totalment l'espai com passa a d'altres indrets de la Mediterrània (Athanasiadis, 1997; Piazzini *et al.*, 2007; Battelli i Rindi, 2008; de Caralt i Cebrian, 2013). D'altra banda, Joher *et al.* (2012) no la citen dels fons detrítics amb avellanó dels voltants de Cabrera, encara que nosaltres l'hem vist molt ocasionalment en els fons més superficials (30 m, Freu de la Imperial).



Figura 8. L'opistobranqui *Flabellina affinis* es desplaça sobre un fons totalment recobert de *Caulerpa cylindracea*, a Ses Rates (Foto: Enric Ballesteros).

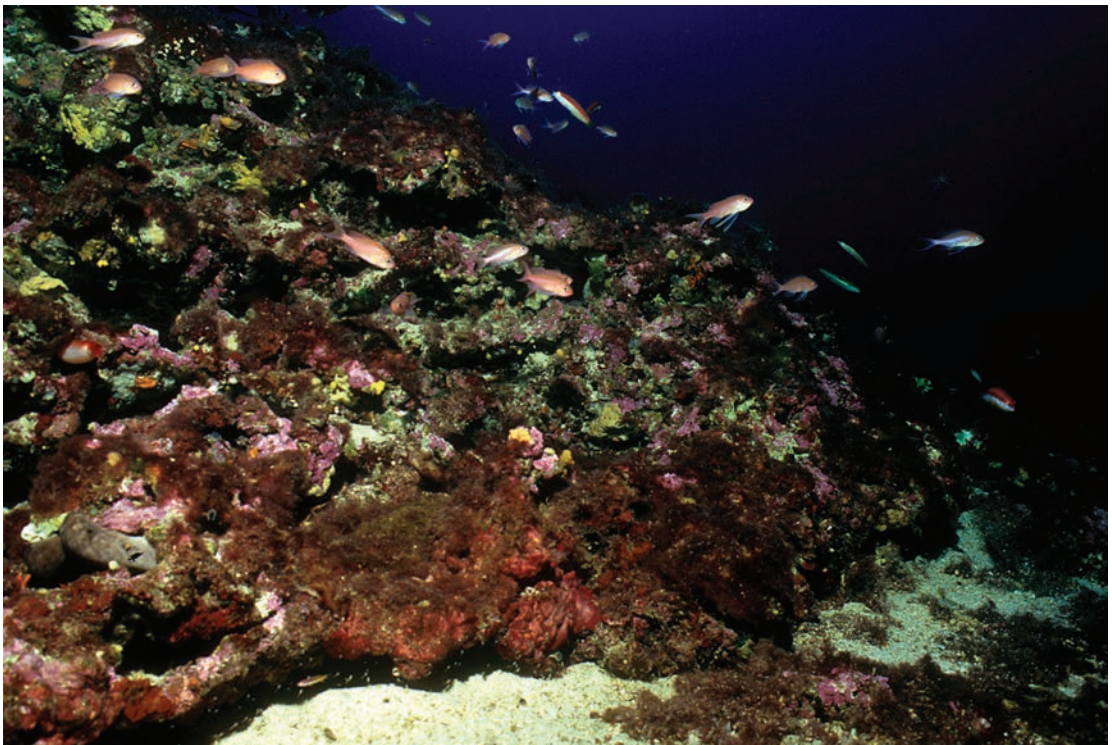


Figura 9. Aspecte del coral·ligen de s'Estel des Coll parcialment recobert per l'alga filamentosa invasora *Womersleyella setacea* (Foto: Enric Ballesteros).

Asparagopsis taxiformis va recol·lectar-se a Balears per primer vegada l'any 1993 a Menorca (Ballesteros i Rodríguez-Prieto, 1996) i la seva arribada a Cabrera ha de situar-se a finals de la dècada dels 90. Els gametòfits d'aquesta espècie s'observen esporàdicament en el coral·ligen i més rarament en l'avellanó, mai en gran quantitat.

Una darrera espècie de característiques invasores present a Cabrera i a totes les Balears, *Lophocladia lallemandii*, és de distribució superficial, sobrepasant rarament els 35 metres de fondària (Cebrian i Ballesteros, 2010). Això no obstant, a l'inici de la seva colonització (envers l'any 2002), *Lophocladia* podia colonitzar -sempre en abundàncies baixes- els fons circalitorals fins a uns 50 metres de fondària. La mantenim com a espècie introduïda als fons circalitorals encara que la seva importància és actualment residual.

LA PESCA

Tot i que la pesca esportiva i de ròssec és prohibida en els límits del parc nacional, la pesca artesanal és ben present als fons de coral·ligen i d'avellanó de l'arxipèlag de Cabrera. De fet, les àrees on la pesca és totalment prohibida inclouen bàsicament fons poc profunds on els hàbitats predominants són les roques amb algues fotòfiles i els alguers. Això fa que no hi hagi zones prohibides a la pesca en els hàbitats circalitorals, per la qual cosa les poblacions de moltes espècies que viuen en aquests hàbitat no han mostrat evidències clares de recuperació. De fet, la pesqueria de llagosta -*Palinurus elephas*-, espècie que habita principalment en el coral·ligen i fons detrítics adjacents, és força baixa al parc nacional, amb captures mitjanes anuals d'uns 270 kg en el període 2007-2010 (Amengual-Ramis *et al.*, 2016). En canvi, però, hi ha espècies com els anfosos (*Epinephelus*, *Mycteroperca*) que semblen haver-se recuperat, tot i que no hi ha estudis publicats sobre l'abundància recent d'aquestes espècies en els fons coral·ligens. L'anfós (*Epinephelus marginatus*) freqüenta principalment els fons poc profunds a Cabrera (Garcia-Rubies, 1993, Reñones *et al.*, 1997) i en aquests ambients les poblacions han augmentat tant en abundància com en talla (Coll *et al.*, 1999, Reñones *et al.*, 1999). Observacions dels autors corroboren que l'increment en la densitat i biomassa de diferents espècies d'anfosos també es dona en l'hàbitat coral·ligen, encara que en densitats molt inferiors a les registrades als fons més superficials.

DISCUSSIÓ

Ballesteros *et al.* (1993) esmenten l'existència de dues comunitats de fons rocosos circalitorals (com a coral·ligen) i una d'avellanó (sota el nom de *maèrl*). Aquí diferenciem 20 hàbitats de fons rocosos circalitorals i 8 d'avellanó, que es poden vincular als hàbitats esmentats a Templado *et al.* (2012). Tot i que hi ha més informació de la que hi havia l'any 1993, aquest augment en el nombre d'hàbitats presents a Cabrera es deu a la precisió més gran que hi ha en definir-los i no tant a un esforç més gran d'exploració.

Dels hàbitats esmentats hi ha quatre que mereixen una especial atenció. L'hàbitat profund de *Carpodesmia zosteroides* és raríssim a l'àrea d'estudi i això ho hem d'atribuir probablement a la dominància del fons concrecionats que no són propicis al seu creixement. Aquest hàbitat és d'un gran interès per a la conservació ja que les espècies dominants estan presents a l'Annex II del Conveni de Barcelona (UNEP, 2009) i estan protegides a l'estat espanyol (Orden AAA/75/2012, de 12 enero; BOE sábado 21 de enero de 2012, sec. I, pág. 5275). Els hàbitats dominats per *Laminaria rodriguezii* estan en una situació semblant. De nou l'espècie dominant està present a l'Annex II del Conveni de Barcelona (UNEP, 2009) i protegida a l'estat espanyol (Reial Decret 139/2011, de 4 de febrer; BOE 46, de 23/02/2011). Finalment, la presència d'un hàbitat dominat per *Paramuricea clavata* és extraordinari en el parc per la seva reduïda extensió. Aquests tres darrers hàbitats eren excepcionals en els límits del parc nacional, però són ben presents al Fort d'en Moreu i constitueixen un argument de pes per eixamplar l'àrea del parc nacional.

La riquesa d'hàbitats de roca circalitoral i d'avellanó és elevada si atenem al reduït espai que ocupa el parc nacional i l'àrea d'ampliació. Això té a veure amb l'heterogeneïtat ambiental de la zona i a la

presència dels canvis batimètrics molt accentuats vora la illa principal i els illots.

El problema de l'efecte de les anomalies tèrmiques en les poblacions de gorgònies situades a menys fondària és quelcom general a escala mediterrània (Pérez *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2009). Aquestes comunitats tenen una distribució molt irregular a l'arxipèlag balear, la qual cosa unida a la baixa connectivitat entre poblacions (Arizmendi-Mejía *et al.*, 2015) fa que aquestes estiguin en risc. A més, la inversió en reproducció es veu afectada (Linares *et al.* 2008), sobretot a les colònies femenines (Arizmendi-Mejía *et al.* 2015b) i les colònies juvenils i petites tenen una major taxa de mortalitat (Linares *et al.*, 2018). Atès que la població profunda de *Paramuricea clavata* es manté amb una baixa mortalitat hom pot esperar que actuï com a donant d'ous per a la reconstitució de la població més superficial. Però com que hi ha un elevat aïllament genètic entre la població superficial i la profunda (Linares *et al.*, 2018) això és difícil que passi. Finalment, els canvis en la comunitat, amb un decreixement dels invertebrats de vida llarga, un augment de les algues i una pèrdua de biodiversitat generalitzada (Verdura *et al.*, 2019) tampoc ajuda a un possible retorn de la comunitat. En definitiva, tot fa pensar en un canvi irreversible en el límit batimètric superior del coral·ligen amb *Paramuricea clavata* al parc nacional, el qual passarà a situar-se al voltant dels 45 metres o més avall, enlloc dels 37 metres que hi havia anteriorment.

Womersleyella setacea és l'espècie invasora amb més impacte sobre els fons circalitorals rocosos mediterranis (Ballesteros, 2006; Piazzì *et al.*, 2007; Ballesteros *et al.*, 2009; Cebrian *et al.*, 2012) i és present a Cabrera des de fa més de 20 anys. Això no obstant, la seva abundància no és ni de lluny comparable a la d'altres indrets mediterranis similars com la reserva marina de Scandola (Còrsega) o la reserva marina del nord de Menorca (obs. pers. dels autors) on arriba a formar catifes gairebé monoespècífiques sobre els fons circalitorals entre 30 i 60 metres. A Cabrera, *Womersleyella* és ben present però en cap cas la situació és tan preocupant –per ara– com a d'altres reserves marines mediterrànies.

Caulerpa cylindracea ja era coneguda anteriorment per créixer i modificar els fons coral·lígens (Ballesteros, 2006; Baldacconi i Corriero, 2009) i d'avellanó (Klein i Verlaque, 2007) i a Cabrera en tenim un trist exemple. *Caulerpa cylindracea* és comuna a Cabrera entre els 35 i el 65 metres de fondària, és a dir en la part menys profunda dels fons coral·lígens i d'avellanó. La seva colonització a la zona més superficial del coral·ligen amb *Paramuricea clavata* de la Imperial és un exemple més de la seva elevada capacitat d'invasió. *Caulerpa cylindracea* es veu afavorida per taxes elevades de sedimentació (Piazzì *et al.*, 2005a) i això l'afavoreix en fons coral·lígens degradats juntament amb la pèrdua de les espècies estructurals com les espècies del gènere *Cystoseira* (Bulleri *et al.*, 2010). Fins ara, però, rarament s'havia assenyalat la colonització de *Caulerpa cylindracea* en un indret tan esciòfil com l'hàbitat de *Paramuricea clavata*.

Un altre aspecte és l'existència d'efectes sinèrgics entre *Caulerpa cylindracea* i *Womersleyella setacea* que afavoreixen la colonització d'ambdues espècies (Ceccherelli *et al.*, 2002; Piazzì *et al.*, 2003), principalment de *Caulerpa*, per la qual cosa és d'esperar un augment en la capacitat colonitzadora conjunta i un efecte més gran de les algues invasores sobre les comunitats circalitorals rocoses de Cabrera.

La pesca és un problema de primer ordre per a la conservació dels ecosistemes rocosos profunds a Cabrera doncs no hi ha pràcticament cap zona profunda on la pesca artesanal estigui prohibida. Això impossibilita l'assoliment de condicions naturals per cap dels fons rocosos circalitorals i d'avellanó. La pesca té un efecte directe sobre les espècies diana com el cap-roig o la llagosta per posar dos exemples, però sobretot té una sèrie d'efectes indirectes no desitjables com l'efecte de les xarxes i palangres sobre les espècies estructurals d'aquests fons rocosos com són les gorgònies (Harmelin i Marinopoulos, 1994; Bo *et al.* 2014) o les algues Fucals (Thibaut *et al.*, 2005). El nombre d'arts de pesca que es calen al Parc és força elevat tot i que no es té una quantificació exacte. La forta rugositat i el caràcter abrupte dels fons rocosos circalitorals en el parc nacional provoca la nombrosa pèrdua d'arts. Aquests arts de pesca perduts continuen pescant sense cap benefici pels pescadors i perjudicials per als recursos pesquers. Un altre dels efectes indirectes de la pesca observat darrerament es un nombre important d'anfossos de gran mida amb braços colgant de la boca. Els

braçols s'utilitzen per evitar l'enrocament dels palangres però en no ser prou forts per aguantar la captura, provoquen que l'individu escapi i en resulti perjudicat. Un altre efecte indesitjable de la pesca és que les arts de pesca esdevenen un important vehicle de dispersió de les espècies invasores, en especial *Caulerpa cylindracea* (Piazzi *et al.*, 2005b).

Veiem doncs com, des de la creació del parc nacional, els coneixements dels fons circalitorals de l'arxipèlag de Cabrera han evolucionat ben poc i si ho han fet ha estat per l'estudi dels impactes d'origen antròpic. Les anomalies tèrmiques i les espècies invasores són problemes d'abast global que escapen la gestió d'una àrea marina protegida i Cabrera n'és un bon exemple. D'altra banda, un factor d'impacte local com és la pesca artesanal continua malmeten els fons circalitorals, tant per l'obtenció directa de recursos pesquers com pels efectes indirectes derivats de les arts de pesca que s'utilitzen. La pregunta que ens hem de fer és si l'actual nivell de protecció dels fons circalitorals de Cabrera és l'adequada per a la seva protecció. La resposta és no. Poc es pot fer en referència als impactes produïts pel canvi climàtic i per les algues invasores però és necessària una regulació contundent de la pesca artesanal, bé sigui incorporant grans àrees de reserva integral en els indrets que alberguin els hàbitats més sensibles als arts de pesca, bé prohibint la pesca amb xarxa a tot o a gran part del parc nacional. A més dels beneficis immediats per a la conservació dels fons circalitorals, la disminució del nivell de perturbacions és possible que afavoreixi la resiliència d'aquestes comunitats vers els impactes de l'escalfament de les aigües i l'arribada d'espècies invasores. També hem d'incidir en la necessitat de dur a terme monitoratges regulars sobre els impactes que reben els hàbitats i les espècies més sensibles, amb la intenció de poder fer una gestió acurada dels problemes i de conèixer la veritable dimensió i gravetat d'aquests impactes.

AGRAÏMENTS

Al personal directiu i tècnic del parc nacional de l'arxipèlag de Cabrera per la concessió dels permisos i per la seva ajuda logística en les campanyes realitzades durant els darrers 25 anys. A Joana Serra, Nadal Mas i Excursions a Cabrera pels seus transports plàcids o "in extremis" per entrar o per sortir de Cabrera. I a tots aquells que ens han acompanyat en les moltes campanyes fetes a l'arxipèlag.

REFERÈNCIES

- Aguilar, R., De la Torriente, A. i García, S. 2008. *Estudio bionómico de Cabrera*. Govern de les Illes Balears i Oceana. 56 pp.
- Amengual-Ramis, J.F., Vázquez-Archdale, M., Cánovas-Pérez, C. i Morales-Nin, B. 2016. The artisanal fishery of the spiny lobster *Palinurus elephas* in Cabrera National Park, Spain: Comparative study on traditional and modern traps with trammel nets. *Fisheries Research*, 179: 23-32.
- Arizmendi-Mejía, R., Linares, C., Garrabou, J., Antunes, A., Ballesteros, E., Cebrian, E., Diaz, D. i Ledoux, J.B. 2015. Combining genetic and demographic data for the conservation of a Mediterranean habitat-forming species. *PLoS ONE*, 10: e0119585.
- Arizmendi-Mejía, R., Ledoux, J.B., Civit, S., Antunes, A., Thanopoulou, Z., Garrabou, J. i Linares, C. 2015. Demographic responses to warming: reproductive maturity and sex influence vulnerability in an octocoral. *Coral Reefs*, 34: 1207-1216.
- Athanasiadis, A. 1997. North Aegean Marine Algae. IV. *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales). *Botanica Marina*, 40: 473-476.
- Baldacconi, R. i Corriero, G. 2009. Effects of the spread of the alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* on the sponge assemblage from coralligenous concretions of the Apulian coast (Ionian Sea, Italy). *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 30: 337-345.
- Ballesteros, E. 1997. Contribució al coneixement algològic de la Mediterrània espanyola. X. *Acta Botanica Barcinonensis*, 44: 29-37.
- Ballesteros, E. 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of the present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 44: 123-195.
- Ballesteros, E. i Rodríguez-Prieto, C. 1996. Presència d'*Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan a Balears. *Bolletí Societat d'Història Natural de Balears*, 39: 135-138.
- Ballesteros, E. i Zabala, M. 1993. El bentos: el marc físic. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 663-685.
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., Garcia-Rubies, A. i Turon, X. 1993. El bentos: les comunitats. In: Alcover, J.A.,

- Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 687-730.
- Ballesteros, E., Garrabou, J., Hereu, B., Zabala, M., Cebrian, E. i Sala, E. 2009. Deep-water stands of *Cystoseira zosteroides* C. Agardh (Fucales, Ochrophyta) in the Northwestern Mediterranean: Insights into assemblage structure and population dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82: 477-484.
- Basso, D. 2015. Monitoring deep Mediterranean rhodolith beds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26: 549-561.
- Battelli, C. i Rindi, F. 2008. The extensive development of the turf-forming red alga *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales) in the Bay of Boka Kotorska, Montenegro (southern Adriatic Sea). *Plant Biosystems*, 142: 120-125.
- Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R. i Bavestrello, G. 2014. Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation*, 171: 167-176.
- Bulleri, F., Balata, D., Bertocci, I., Tamburello, L. i Benedetti-Cecchi, L. 2010. The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology*, 91: 2205-2212.
- Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2009. Temporal and spatial variability in shallow- and deep-water populations of the invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Western Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83: 469-474.
- Cebrian, E. i Ballesteros, E. 2010. Invasion of Mediterranean benthic assemblages by red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz: depth-related temporal variability in biomass and phenology. *Aquatic Botany*, 92: 81-85.
- Cebrian, E., Linares, C., Marschal, C. i Garrabou, J. 2012. Exploring the effects of invasive algae on the persistence of gorgonian populations. *Biological Invasions*, 14: 2647-2656.
- Ceccherelli, G., Piazzì, L. i Balata, D. 2002 Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 280:1-11.
- Coll, J., Garcia-Rubies, A., Moranta, J., Stefanni, S. i Morales-Nin, B. 1999. Efectes sobre la prohibició de la pesca esportiva sobre l'estructura poblacional de l'anfós (*Epinephelus marginatus* Lowe 1834, Pisces, Serranidae) en el Parc Nacional de Cabrera. *Bolletí Societat d'Història Natural de Balears*, 42:125-138.
- Coma, R., Cebrian, E., Linares, C., Tomas, F., Garcia, A. i Ballesteros, E. 2011. *Efectos del cambio global sobre la biodiversidad del Parque Nacional de Cabrera: el caso de la comunidad del coralígeno de Paramuricea clavata*. CEAB-CSIC y Fundación Biodiversidad. 70 pp. Inèdit.
- De Caralt, S. i Cebrian, E. 2013. Impact of an invasive alga (*Womersleyella setacea*) on sponge assemblages: compromising the viability of future populations. *Biological Invasions*, 15: 1591-1600.
- García-Rubies, A. 1993. Distribució batimètrica dels peixos litorals de substrat rocós a l'illa de Cabrera. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 2. CSIC-Ed. Moll. Palma de Mallorca. 645-661.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Diaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B., Lejeune, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J.C., Serrano, E., Teixidó, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. i Cerrano, C. 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15: 1090-1103.
- Harmelin, J.G. i Marinopoulos, J. 1994. Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the North-Western Mediterranean (France, Port-Cros island). *Marine Life*, 4: 5-13.
- Joher, S., Ballesteros, E., Cebrian, E., Sánchez, N. i Rodríguez-Prieto, C. 2012. Deep-water macroalgal-dominated coastal detritic assemblages on the continental shelf off Mallorca and Menorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Botanica Marina*, 55: 485-497.
- Klein, J. i Verlaque, M. 2007. The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 205-225.
- Linares, C., Ballesteros, E., Verdura, J., Aspillaga, E., Capdevila, P., Coma, R., Diaz, D., Garrabou, J., Hereu, B., Ledoux, J.B., Tomas, F., Uriz, J.M. i Cebrian, E. 2018. Efecto del cambio climático sobre la gorgonia *Paramuricea clavata* y el coralígeno asociado en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera. In: *Proyectos de investigación en Parques Nacionales : convocatoria 2012-2015* (J. Amengual, ed.). Organismo Autónomo de Parques Nacionales. pp. 45-67.
- Linares, C., Coma, R. i Zabala, M. 2008. Effects of a mass mortality event on gorgonian reproduction. *Coral Reefs*, 27: 27-34.
- Oceana 2015. *Protección del mar balear I: Propuesta de ampliación del Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera*. Informe Inèdit. Oceana. 20 pp.
- Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, J.G., Francour, P. i Vacelet, J. 2000. Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Series III- Sciences de la Vie*, 323: 853-865.
- Piazzì, L., Balata, D., Ceccherelli, G. i Cinelli, F. 2005a. Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 467-474.
- Piazzì, L., Meinesz, A., Verlaque, M., Akçali, B., Antolic, B., Argyrou, M., Balata, D., Ballesteros, E., Calvo, S., Cinelli, F., Cirik, S., Cossu, A., D'Archino, R., Djellouli, A.S., Javel, F., Lanfranco, E., Mijsud, C., Pala, D., Panayotidis, P., Peirano, A., Pergent, G., Petrocelli, A., Ruitton, S., Zuljevic, A. i Ceccherelli, G. 2005b. Invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea: An assessment of the spread. *Cryptogamie*

- Algologie*, 26: 189-202.
- Piazzì, L., Balata, D. i Cinelli, F. 2007. Invasions of alien macroalgae in Mediterranean coralligenous assemblages. *Cryptogamie Algologie*, 28: 289-301.
- Piazzì, L., Ceccherelli, G., Balata, D. i Cinelli, F. 2003. Early patterns of *Caulerpa racemosa* recovery in the Mediterranean Sea: the influence of algal turfs. *Journal of the Marine Biological Association UK*, 83: 27-29.
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J. i Morales-Nin, B. 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Scientia Marina*, 61: 495-506.
- Reñones, O., Goñi, R., Pozo, M., Deudero, S. i Moranta, J. 1999. Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park. *Marine Life*, 9: 45-53.
- Sant, N., Chappuis, E., Rodríguez-Prieto, C., Real, M. i Ballesteros, E. 2017. Cost-benefit of three different methods for studying Mediterranean rocky benthic assemblages. *Scientia Marina*, 81: 129-138.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Marín, L. i Brito, A. 2012. *Guía interpretativa: Inventario español de hábitats marinos. Inventario español de hábitats y especies marinos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 229 pp.
- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X. i Ballesteros, E. 2005. Long term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1472-1489.
- UNEP 2009. Proposals for amendment of Annexes II and III of the SPS/BD Protocol. Mediterranean Action Plan. 260 pp.
- Verdura, J., Linares, C., Ballesteros, E., Uriz, M.J., Coma, R. i Cebrian, E. 2019 Biodiversity loss in a Mediterranean ecosystem due to an extreme warming event unveils the role of an engineering gorgonian species. *Scientific Reports* 9: 5911.

COMUNITATS NECTO- I EPI-BENTÒNIQUES DELS FONS CIRCALITORALS I BATIALS SEDIMENTARIS AL VOLTANT DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA: INVENTARIAT, CARACTERITZACIÓ I EVOLUCIÓ TEMPORAL

Enric Massutí

María Valls

Francesc Ordines

Sergi Joher

Instituto Español de Oceanografía, Centre Oceanogràfic de les Balears, Palma

enric.massuti@ieo.es

Montserrat Ramón

Beatriz Guijarro

Antoni Quetglas

Institut de Ciències del Mar (CSIC),
BarcelonaInstituto Español de Oceanografía, Centre Oceanogràfic de les Balears,
Palma

Massutí, E., Valls, M., Ordines, F., Joher, S., Ramón, M., Guijarro, B. i Quetglas, A. (2020). Comunitats necto- i epi-bentòniques dels fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'arxipèlag de Cabrera: Inventariat, caracterització i evolució temporal. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

L'anàlisi de 288 mostres obtingudes durant 2001-2016 amb art de ròssec i patí epi-bentònic entre 42 i 900 m de profunditat, permet caracteritzar les comunitats bentòniques dels fons sedimentaris de Cabrera. S'han censat 328 espècies/taxons de crustacis decàpodes, cefalòpodes i peixos necto-bentònics recol·lectats amb ròssec, i 496 espècies/taxons amb patí, la majoria crustacis, algues, mol·luscs i peixos. Aquesta biodiversitat és semblant, i fins i tot superior, a la d'altres àrees de les Illes Balears. Destaquen algues formadores de maërl, un hàbitat protegit, algues introduïdes i altres espècies no censades fins ara a l'àrea, així com l'elevada diversitat de condrictis, especialment vulnerables a la pesca. S'han identificat tres comunitats: (i) plataforma continental, on predominen algues, equinoderms, acidis, esponges, mol·luscs cefalòpodes i peixos; (ii) marge de plataforma i talús superior, on predominen equinoderms, crustacis decàpodes i peixos; i (iii) talús mitjà, amb crustacis decàpodes i peixos; un patró que coincideix amb el de tota la Mediterrània. Les comunitats necto-bentòniques s'han mostrat estables durant les darreres dècades, coincidint amb la reducció de l'esforç de la flota de ròssec que les explota. Aquests resultats, la majoria obtinguts pel programa de seguiment científic de les pesqueries europees que, a més d'avaluar els recursos vius i l'impacte de la pesca en els ecosistemes, permet estudiar la biodiversitat, contribueixen a millorar el coneixement de la flora i fauna marina de Cabrera, com a eina fonamental per a la gestió, amb l'objectiu de compatibilitzar la conservació del medi marí amb la sostenibilitat de les pesqueries.

Paraules clau: *Necto-bentos, Epi-bentos, Biodiversitat, Densitat, Comunitats, Circalitoral, Batial, Fons sedimentaris, Illes Balears, Mediterrània occidental*

ABSTRACT

The analysis of 288 samples obtained during 2001-2016 with bottom trawl and epi-benthic sledge between 42 and 900 m depth, has allowed characterizing the benthic communities of the sedimentary bottoms off Cabrera. Up to 328 species/taxa of decapod crustaceans, cephalopod molluscs and nekto-benthic fish collected with trawl, and 496 species/taxa with sledge, mostly crustaceans, algae, molluscs and fish have been registered. This biodiversity is similar, and even higher, to that of other areas of the Balearic Islands. It can be highlighted maërl-forming algae, a protected habitat, introduced algae and other species not reported up to now in the area, as well as the

high diversity of sprouts, especially vulnerable to fishing. Three communities have been identified: (i) continental shelf, where algae, echinoderms, ascidians, sponges, mollusks, cephalopods and fish predominate; (ii) shelf break and upper slope, where echinoderms, decapod crustaceans and fish predominate; and (iii) middle slope, with decapods crustaceans and fish; a pattern that coincides with that described throughout the Mediterranean. Nekto-benthic communities have show stability during the last decades, in accordance with the reduction of the bottom trawl fleet exploiting them. These results, most of them obtained by the scientific monitoring program of European fisheries, which allows assessing not only the living resources and the impact of fishing on the ecosystems, but also to study the biodiversity, contribute to improve the scientific knowledge of marine flora and fauna off Cabrera, as a fundamental tool for its management, to make compatible the marine conservation with the sustainability of fisheries.

Keywords: *Nekto-benthos, Epi-benthos, Diversity, Density, Communities, Circalittoral, Bathyal, Sedimentary bottoms, Balearic Islands, Western Mediterranean*

INTRODUCCIÓ

L'aproximació ecosistèmica a l'avaluació i gestió de pesqueries requereix l'estudi no tan sols de la dinàmica poblacional de les espècies objectiu de l'explotació, si no també de les comunitats biològiques de les que formen part i els hàbitats on es distribueixen, entre molts altres aspectes (Browman i Stergiou, 2004; Pikitch *et al.*, 2004). Per això, durant les darreres dècades han sigut nombrosos els estudis sobre les comunitats necto-bentòniques de peixos, crustacis decàpodes i mol·luscs cefalòpodes dels fons sedimentaris circalitorals i batials del Mediterrani, explotats principalment per la pesca de ròssec (p.ex. Abello *et al.*, 1988, 2002; Biagi *et al.*, 2002; Colloca *et al.*, 2003; Demestre *et al.*, 2000; González i Sánchez, 2002; Kallianiotis *et al.*, 2000; Labropoulou i Papaconstantinou, 2000; Madurell *et al.*, 2004). Per contra, les comunitats epi-bentòniques han estat menys estudiades (p.ex. Sardà *et al.*, 1994; Galil, 2004; Cartes *et al.*, 2009; Tecchio *et al.*, 2011; Grinyó *et al.*, 2018), a diferència del que ha passat en els fons infralitorals, on abunden els estudis tant de les comunitats necto-bentòniques de peixos (p.ex. Francour, 1997, 2000; García-Rubies, 1997; García-Chartron, 1999; Valle *et al.*, 2007) i crustacis decàpodes (p.ex. García Raso i Manjón Cabeza, 2002; García Muñoz *et al.*, 2008), com de les comunitats epi-bentòniques (p.ex. Molinier, 1960; Pérès i Picard, 1964; Gilat, 1969; Guille, 1971; Gili i Ros, 1985; García-Carrascosa, 1987; Pérez-Ruzafa *et al.*, 1987; Grémare *et al.*, 1998; Garrabou *et al.*, 2002; Borderhore *et al.*, 2003; Labruno *et al.*, 2008; Pubill *et al.*, 2011; Marina *et al.*, 2015; Antit *et al.*, 2016; Longobardi *et al.*, 2017).

A les Illes Balears la situació és semblant. Als fons infralitorals són nombrosos els estudis de les seves comunitats epi-bentòniques (p.ex. Coll i Moreno, 1993; Reviriego *et al.*, 1996) i necto-bentòniques (p.ex. Reñones *et al.*, 1995; Massutí *et al.*, 1996; Ordines *et al.*, 2005; Moranta *et al.*, 2006; Coll *et al.*, 2012). Durant les darreres dècades, els estudis sobre les comunitats necto-bentòniques entre 50 i 1800 m de fondària són també nombrosos, tant des d'una perspectiva general (Massutí i Reñones, 2005; Moranta *et al.*, 2008), però sobretot considerant grups específics: crustacis decàpodes (Guijarro *et al.*, 2011; Maynou i Cartes, 2000), mol·luscs cefalòpodes (Quetglas *et al.*, 2000, 2014) i peixos (Massutí *et al.*, 1996, 2004; Moranta *et al.*, 1998; Massutí i Moranta, 2003; Ordines *et al.*, 2011a; Guijarro *et al.*, 2012; Ramírez-Amaro *et al.*, 2015; Farriols *et al.*, 2017). Fins i tot, alguns d'aquests estudis han analitzat l'evolució temporal d'aquestes comunitats. És el cas de Guijarro *et al.* (2011, 2012) i Farriols *et al.* (2017) per a crustacis decàpodes, condriactis i peixos, respectivament. En canvi, la informació existent sobre les comunitats epi-bentòniques d'aquests fons és molt més limitada (Ballesteros, 1994; Barberá *et al.*, 2012) o es centra també em grups específics com les algues (Johér *et al.*, 2012, 2015) i espècies indicadores d'hàbitats (Ordines i Massutí, 2009). Tan sols l'estudi de Ramón *et al.* (2014) fa referència als fons de talús.

A l'Arxipèlag de Cabrera, la informació sobre les comunitats i espècies epi-bentòniques és també més abundant en els fons infra-litorals que en els circalitorals i batials, sent l'obre de referència "Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera" (Alcover *et al.*, 1993). Més recentment ens podem

referir a l'expedició que l'ONG conservacionista OCEANA va fer el 2007 amb transectes de ROV (acrònim de l'anglès *Remote Operated Vehicle*), que aporta dades sobre les comunitats bentòniques i les seves principals espècies als fons sedimentaris i rocós entre 40 i 110 m de fondària aproximadament, al nord, est i sud de l'Arxipèlag, incloent aigües del Parc Nacional i àrees adjacents (Anònim, 2008). El 2014, OCEANA va dur a terme una altra expedició, també amb transectes de ROV, que ha permès ampliar aquesta informació a l'est de l'Arxipèlag (Anònim, 2015). Pel que fa a les comunitats i espècies necto-bentòniques, esmentar els articles de Riera i Grau (1993), García-Rubies (1993) i Reñones *et al.* (1997) sobre la ictiofauna. En el primer es fa un inventari dels peixos de la franja litoral i la plataforma continental, tant espècies bentòniques com pelàgiques, mentre que el segon i tercer analitzen les comunitats de peixos litorals de substrat rocós. L'objectiu del present article és descriure les comunitats necto- i epi-bentòniques dels fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera, i analitzar l'evolució recent d'alguns indicadors d'aquestes comunitats.

MATERIAL I MÈTODES

DADES

S'han recollit dades de campanyes de recerca que, amb objectius diferents, s'han dut a terme a les Illes Balears durant els darrers 16 anys. Des de campanyes d'avaluació dels recursos i ecosistemes demersals explotats per la pesca de ròsec, fins a campanyes de cartografiat de les biocenosis bentòniques de la plataforma continental i campanyes d'estudi dels ecosistemes bentopelàgics profunds. La recollida de dades i mostres s'ha realitzat mitjançant art de ròsec i patí epi-bentònic. A continuació es detallen les característiques tècniques d'aquests mostreigs, que es resumeixen a la Taula I. La Fig. 1 mostra l'àrea d'estudi amb les estacions de mostreig.

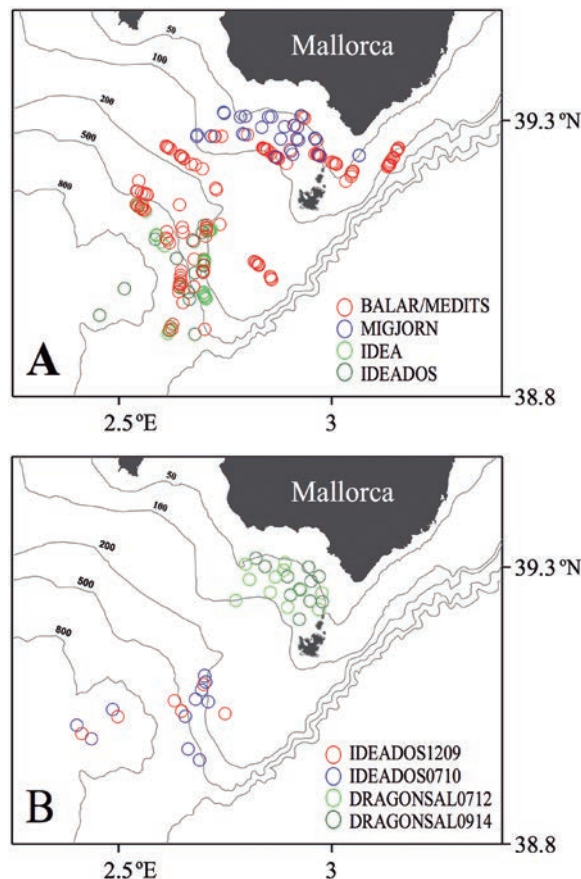


Figura 1. Mapa de l'àrea d'estudi amb les estacions de mostreig (A: xarxa de ròsec; B: patí epi-bentònic) analitzades durant el present estudi. Es mostren les isòbates de 50, 100, 200, 500 i 800 m.

Taula I. Dades de les campanyes de recerca oceanogràfica utilitzades en el present estudi. Per a cada una d'elles es mostra acrònim de la campanya, dates, vaixell, mètode de mostreig utilitzat, número de mostres analitzades, rang de profunditat (m) d'aquest mostreig i acrònim del projecte de recerca a la que correspon la campanya.

Campanya	Dates	Vaixell	Mostrejador	Mostres	Profunditat (m)	Projecte
BALAR0401	1-19 Abril 2001	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	8	54-738	MEDER
BALAR0502	1-25 Maig 2002	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	9	46-693	MEDER
BALAR0603	15 Juny – 12 Juliol 2003	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	11	54-668	MEDER
IDEA0803	4-9 Agost 2003	V/P <i>Moraliti Nou</i>	Huelvano	6	166-751	IDEA
IDEA0903	25 Setembre – 4 Octubre 2003	V/P <i>Moraliti Nou</i>	Huelvano	6	166-752	IDEA
IDEA1103	14-22 Novembre 2003	V/P <i>Moraliti Nou</i>	Huelvano	6	170-747	IDEA
IDEA0204	6-14 Febrer 2004	V/P <i>Moraliti Nou</i>	Huelvano	6	181-750	IDEA
IDEA0404	2-22 Abril 2004	V/P <i>Moraliti Nou</i>	Huelvano	6	164-710	IDEA
BALAR0404	20 Abril – 18 Maig 2004	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	12	52-709	DEMO
IDEA0604	18-25 Juny 2004	V/P <i>Moraliti Nou</i>	Huelvano	6	165-751	IDEA
MIGJORN1004	10-19 Octubre 2004	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	14	42-97	MIGJORN
BALAR0605	16 Juny – 5 Juliol 2005	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	11	46-753	EVADDEM
MIGJORN0905	23 Setembre – 2 Octubre 2005	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	17	42-97	MIGJORN
BALAR0506	25 Maig – 22 Juny 2006	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	GOC-73	10	49-755	EVADDEMED
MEDITS_ES05_07	16-27 Juny 2007	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	10	62-755	EVADDEMED
MEDITS_ES05_08	7-18 Juny 2008	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	9	60-749	EVADDEMED
MEDITS_ES05_09	10-21 Juny 2009	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	9	58-754	EVADDEMED
IDEADOS1209	9-17 Desembre 2009	F/V <i>Punta des Vent</i>	Huelvano	8	253-897	IDEADOS
IDEADOS1209	9-17 Desembre 2009	F/V <i>Punta des Vent</i>	Patí epibentònic	6	262-898	IDEADOS
MEDITS_ES05_10	13-24 Juny 2010	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	9	52-754	EVADDEMED
IDEADOS0710	16-26 Juliol 2010	F/V <i>Punta des Vent</i>	Huelvano	9	255-896	IDEADOS
IDEADOS0710	16-26 Juliol 2010	F/V <i>Punta des Vent</i>	Patí epibentònic	11	250-900	IDEADOS
MEDITS_ES05_11	7-22 Juny 2011	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	10	61-755	BADEMECO
MEDITS_ES05_12	29 Maig – 12 Juny 2012	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	8	50-744	BADEMECO
DRAGONSAL0712	15-25 juliol 2012	V/R <i>Ramón Margalef</i>	Patí epibentònic	11	52-99	DRAGONSAL
MEDITS_ES05_13	14-28 Juny 2013	V/R <i>Cornide de Saavedra</i>	GOC-73	9	57-754	DEMBAGOL
MEDITS_ES05_14	4-18 Juny 2014	V/R <i>Miguel Oliver</i>	GOC-73	12	50-754	DEMBAGOL
DRAGONSAL0914	2-15 Setembre 2014	V/R <i>Francisco de Paula Navarro</i>	Patí epibentònic	11	47-88	DRAGONSAL
MEDITS_ES05_15	6-20 Juny 2015	V/R <i>Miguel Oliver</i>	GOC-73	12	46-756	DEMBAGOL
MEDITS_ES05_16	7-21 Juny 2016	V/R <i>Miguel Oliver</i>	GOC-73	10	48-746	DEMBAGOL

Art de ròssec

La principal font de dades són les campanyes MEDITS, incloses en el Programa Nacional de Dades Bàsiques Pesqueres per a l'assessorament científic a la Política Pesquera Comuna. És un programa de campanyes cofinançades per la Comissió Europea, que des de 1994 es fan anualment durant primavera-estiu en bona part de la costa septentrional del Mediterrani (Bertrand *et al.*, 2002) i que el 2001 es van començar a les Illes Balears (entre 2001 i 2006 amb el nom BALAR; Massutí i Reñones, 2005). El mostreig es realitzà mitjançant un art de ròssec experimental GOC-73, especialment dissenyat per a la captura d'espècies necto-bentòniques, de 16-22 i 2.5-3 m d'obertura horitzontal i vertical, respectivament i un còp de malla ròmbica de 10 mm (Dremiere *et al.*, 1999; Fiorentini *et al.*, 1999). Es prospecten els fons de Mallorca i Menorca entre 50 i 800 m de profunditat, aplicant una estratègia de mostreig aleatori estratificat, tenint en compte quatre rangs batimètrics: 50-100, 101-200, 201-500 i 501-800 m. Els mostreigs es realitzen durant el dia, a una velocitat de 2.5-3 nusos i la durada efectiva de les pesques és de 20, 30 ó 60 minuts a <100 m, entre 100 i 200 m i a >200 m de profunditat, respectivament. Per a més informació sobre el mostreig en les campanyes MEDITS, veure Bertrand *et al.* (2002). Les dades utilitzades d'aquestes campanyes corresponen al període 2001-2016 (Taula I) i es van realitzar a bord dels vaixells de recerca oceanogràfica *Francisco de Paula Navarro* (2001-2006), *Cornide de Saavedra* (2007-2013) i *Miguel Oliver* (2014-2016).

També s'han emprat dades de les campanyes MIGJORN, realitzades a bord del V/R *Francisco de Paula Navarro* durant la tardor de 2004 i 2005 (Taula I). En les campanyes MIGJORN es va emprar el mateix mostrejador i la mateixa metodologia de mostreig que les campanyes MEDITS. Es va prospectar la plataforma continental de l'est i sud de Mallorca, entre 40 i 100 m de profunditat (Ordines *et al.*, 2011b).

Per últim, assenyalar les campanyes estacionals IDEA i IDEADOS, dutes a terme en el marge de la plataforma continental, talús superior i talús mitjà del nord-oest i sud de Mallorca durant 2003-2004 (primavera, estiu, tardor i hivern) i 2009-2010 (estiu i tardor), respectivament, a bord del vaixell pesquer *Moralti Nou*, posteriorment anomenat *Punta des Vent* (Taula I). En aquestes campanyes es va mostrejar amb un art de ròssec comercial tipus "huelvano" (Guijarro i Massutí, 2006), amb un còp de malla ròmbica de 20 mm. Els mostreigs es van realitzar també durant el dia, a una velocitat de 2.5-3 nusos i la durada efectiva de les pesques va ser de 60 minuts. El mostratge de la captura un cop a bord va ser el mateix que en les campanyes MEDITS i MIGJORN. En cada campanya IDEA es va agafar una mostra a 150, 250, 350, 550, 650 i 750 m de profunditat, mentre que en les campanyes IDEADOS les estacions de mostreig van ser a 250, 650 i 850 m de profunditat. Per a més informació sobre aquests mostreigs, veure Moranta *et al.* (2008) i Massutí *et al.* (2014).

En totes aquestes campanyes, un cop a bord, la captura es va triar i es classificà fins el nivell taxonòmic més baix possible. S'anotà el número i pes dels exemplars, a més de fer-se el mostreig de talles dels peixos, crustacis decàpodes i cefalòpodes, i la presa de dades i mostres biològiques de determinades espècies.

Patí epi-bentònic

Les dades analitzades provenen de la campanya IDEADOS, realitzada a bord del V/R *Punta des Vent* durant la tardor de 2009 i l'estiu de 2010 (Taula I). En estacions a 250, 650 i 850 m de profunditat es va mostrejar amb un patí epi-bentònic de 3.5 m d'amplada i 0.6 m d'alçada, i còp de malla ròmbica de 10 mm. Els mostreigs es van fer durant el dia, a una velocitat de 2 nusos i van tenir una durada efectiva de 15 minuts, estimada amb sistema SCANMAR. Per a més informació sobre aquests mostreigs, veure Ramón *et al.* (2014).

També s'han emprat dades de les campanyes DRAGONSAL, realitzades al sud de Mallorca a bord del V/R *Ramón Margalef* i el V/R *Francisco de Paula Navarro* durant l'estiu de 2012 i 2014, respectivament (Taula I). És van agafar mostres entre 50 i 100 m de profunditat amb un patí tipus

“Jennings”, de 2 m d’amplada i 0.5 m d’alçada, i còp de malla ròmbica de 10 mm. L’eficiència d’aquest mostrejador per l’estudi de l’epi-fauna ha estat estimada per Reiss *et al.* (2006). Els mostreigs es van fer durant el dia, a una velocitat de 2 nusos i van tenir una durada de 3 minuts. Per a més informació sobre aquests mostreigs, veure Domínguez *et al.* (2013).

En ambdues campanyes, les mostres es van triar i classificar a bord fins el nivell taxonòmic més baix possible, i es va anotar el número i pes dels exemplars. La densitat d’alguns grups taxonòmics (algues) i espècies (p.ex. esponges, ascidis colonials) tan sols va poder ser estimada en termes de biomassa. Els exemplars que no va ser possible identificar a bord es van preservar pel seu posterior estudi i classificació en el laboratori.

ANÀLISIS

L’obertura horitzontal de les xarxes de ròssec, estimada amb sistema SCANMAR, l’amplada dels patins i la distància recorreguda, estimada amb GPS o a partir de la durada efectiva del mostreig i la velocitat del vaixell, van permetre estandarditzar les dades d’abundància i biomassa de les espècies en cada mostra (individus/km² i kg/km², respectivament) i elaborar les matrius que serveixen per analitzar l’estructura de les comunitats. Per tal de reduir la variabilitat i disminuir la presència de zeros, les espècies amb freqüència d’aparició <2% (abundància) ó <3% (biomassa), que tan sols apareixen en una de les mostres, van ser eliminades de les matrius de densitats d’espècies per mostra obtinguda amb art de ròssec i patí epi-bentònic, respectivament.

L’agrupament de les mostres es va realitzar mitjançant un anàlisi de clúster, basat en l’índex de similitud de Bray-Curtis i aplicant l’algoritme UPGMA (*Unweighted Pair Group Mean Analysis*) per enllaçar mostres semblants. També es van explorar les dades fent un anàlisi multidimensional MDS (*multidimensional scaling*) amb la matriu de semblança resultant, prèvia transformació d’arrel quadrada de les dades. La rutina SIMPER (*similarity percentage analysis*) es va aplicar per estimar la contribució de les espècies a la caracterització de cada grup principal de mostres detectat. Aquests anàlisis es van dur a terme amb el programa PRIMER v6 (Clarke i Gorley, 2006) i, tenint en compte que en alguns grups d’espècies epi-bentòniques com les algues i les esponges no és possible estimar la seva densitat en número d’individus, es van utilitzar tan sols les matrius de biomassa estandarditzada.

Per a cada un dels grups detectats és calcularen els valors promig i la dispersió (±error estàndard) dels principals descriptors de comunitat: abundància i biomassa totals estandarditzades, riquesa específica (número d’espècies per mostra; S), diversitat (Shannon-Wiener H' i Margalef d) i equitabilitat (Pielou J). Els índexs de diversitat es van calcular d’acord amb les següents equacions:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i, \text{ on } p_i \text{ és la fracció de l'espècie } i \text{ en la mostra;}$$

$$d = \frac{S-1}{\ln N}, \text{ on } S \text{ és la riquesa específica i } N \text{ el número total d'individus; i}$$

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}}, \text{ on } H_{\max} = \log S, \text{ sent } S \text{ la riquesa específica.}$$

Les variacions estacionals en les espècies necto-bentòniques es van analitzar a partir de les campanyes BALAR (primavera 2004 i 2005) i MIGJORN (tardor 2004 i 2005) pel que fa a la plataforma continental i les campanyes IDEA (agost 2003, setembre 2003, novembre 2003, febrer 2004, abril 2004 i juny 2004) pel que fa al talús. Per a cada una d’aquestes campanyes, es van estimar alguns dels descriptors abans esmentats, mentre que la rutina SIMPER es va aplicar també per estimar la contribució de les espècies en cada grup de mostres i la dissimilitud entre mostres. Tal i com s’ha comentat abans, per a aquestes anàlisis tan sols s’han considerat les matrius de biomassa estandarditzada. La sèrie històrica de 16 anys de campanyes BALAR-MEDITS també ha permès estimar les variacions inter-anuals en els descriptors de les comunitats necto-bentòniques.

RESULTATS

NECTO-BENTOS

Espècies i comunitats

Les 249 mostres recollides entre 2001 i 2016 amb art de ròssec dins un rang batimètric de 42-897 m, han permès identificar fins a 328 espècies necto-bentòniques o taxons de crustacis decàpodes, mol·luscs cefalòpodes i peixos en els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera (Annex I). El principal grup són els peixos osteïctis (170 espècies/taxons), seguit pels crustacis decàpodes (101 espècies/taxons), els mol·luscs cefalòpodes (34 espècies/taxons) i els peixos condricis (23 espècies/taxons).

Taula II. Valors promig dels paràmetres ecològics abundància i biomassa totals estandarditzades (individus/km² i kg/km², respectivament), amb el seu error estàndard associat (\pm SE) i els valors mínim i màxim entre parèntesi, riquesa específica (número d'espècies per mostra; *S*), diversitat (Margalef *d* i Shannon-Wiener *H*) i equitativitat (Pielou *J*), pels tres grups de mostres d'espècies necto-bentòniques identificats amb anàlisi clúster i MDS (A: 42-99 m profunditat; B: 139-450 m profunditat; C: 504-903 m profunditat). També es mostra el número de mostres de cada grup.

Paràmetre	A	B	C
Abundància (individus/km ²)	859,6x10 ³ ±491x10 ³ (9971-46294185)	103,8x10 ³ ±113x10 ³ (6884-785969)	9,9x10 ³ ±5x10 ³ (1672-27913)
Biomassa (kg/km ²)	7211±9926 (385-62791)	1514±1567 (206-12510)	479±321 (58-1449)
Riquesa específica (<i>S</i>)	56	46	38
Diversitat (<i>d</i>)	33,1	23,2	20,2
Diversitat (<i>H</i>)	3,5	3,0	3,2
Equitativitat (<i>J</i>)	0,6	0,5	0,8
Número de mostres	92	94	63

Amb l'anàlisi clúster de la matriu de biomasses estandarditzades s'han identificat tres agrupaments de mostres a un nivell de similitud del 30-35%, que també s'observen amb MDS (Fig. 2). Aquests grups corresponen als estrats de fondària 42-99 m (grup A), 139-450 m (grup B) i 504-903 m (grup C). Aquestes mateixes anàlisis realitzades amb la matriu d'abundàncies estandarditzades mostren resultats molt semblants. A la Taula II es mostren els valors dels descriptors de comunitat d'aquests grups de mostres. Tant l'abundància i la biomassa estandarditzades, com la riquesa específica i la diversitat de Margalef van ser majors en el grup A (860x10³ individus/km², 7211 kg/km², 56 i 33, respectivament) que en els grups B (104x10³ individus/km², 1514 kg/km², 46 i 23, respectivament) i C (10x10³ individus/km², 479 kg/km², 38 i 20, respectivament). Per contra, els majors valors de diversitat de Shannon-Wiener i d'equitativitat van correspondre al grup C (4,2 y 0,8, respectivament) i els menors al grup B (3,0 y 0,5, respectivament).

La corresponent anàlisi SIMPER dels agrupaments batimètrics identificats a l'anàlisi de clúster mostra diferències en el número d'espècies que contribueixen a més del 80% de similitud dins dels grups, amb 19, 22 i 14 espècies pels grups A, B i C, respectivament (Taula III). En el grup A, aquestes espècies són peixos (*Scyliorhinus canicula*, *Spicara smaris*, *Trachinus draco*, *Boops boops*, *Serranus cabrilla*, *Serranus hepatus*, *Trachurus mediterraneus*, *Merluccius merluccius*, *Zeus faber*, *Trigloporus lastoviza*, *Scorpaena notata*, *Scorpaena scrofa*, *Mullus surmuletus*, *Pagellus erythrinus* y *Lepidotrigla cavillone*), seguits dels mol·luscs cefalòpodes (*Octopus vulgaris*, *Loligo vulgaris* i *Eledone cirrhosa*) i un crustaci decàpode (*Dardanus arrosor*). En el grup B també predominen els peixos, amb algunes espècies que també apareixen en el grup A (*M. merluccius*, *S. canicula*, *Raja clavata*, *Capros aper*, *Lepidorhombus boscii*, *Glossanodon leioglossus*, *Synchiropus phaeton*, *Trigla lyra*,

Trachurus trachurus, *Lophius budegassa*, *Gadiculus argenteus*, *M. surmuletus*, *Chelidonichthys cuculus*, *Helicolenus dactylopterus*, *Z. faber*, *Argentina sphyraena*, *Peristedion cataphractum* i *Lepidorhombus wiffiagonis*), seguits dels mol·luscs cefalòpodes (*Illex coindetii*, *E. cirrhosa* i *Loligo forbesii*) i un sol crustaci decàpode (*Macropipus tuberculatus*). Per contra, en el grup C segueixen predominant els peixos (*Galeus melastomus*, *Phycis blennoides*, *Lampanyctus crocodilus*, *Nezumia aequalis*, *Etmopterus spinax*, *Conger conger*, *Hymenocephalus italicus* i *Hoplostethus mediterraneus*), en tots els casos espècies diferents als grups A i B, però els segueixen els crustacis decàpodes (*Geryon longipes*, *Aristeus antennatus*, *Plesionika martia*, *Plesionika acanthonotus* i *Nephrops norvegicus*), amb un sol mol·lusc cefalòpode (*Todarodes sagittatus*). Aquestes mateixes anàlisis realitzades amb la matriu d'abundàncies estandarditzades mostren resultats similars. Tan sols assenyalar la inclusió d'algunes espècies de petita mida, com el peix *Arnoglossus thori*, els crustacis decàpodes *Pagurus prideaux* i *Inachus toracicus* i el mol·lusc cefalòpode *Alloteuthis media* en el grup A, els peixos *Arnoglossus ruelletti*, *Macroramphosus scolopax* i *S. hepatus*, el crustaci decàpode *Plesionika heterocarpus* i els mol·luscs cefalòpodes *Sepietta oweniana* i *A. media* en el grup B, i els peixos *Argyropelecus hemigymnus* i *Stomias boa*, i els crustacis decàpodes *Polycheltes typhlops*, *Pasiphaea multidentata* i *Sergia robusta* en el grup C.

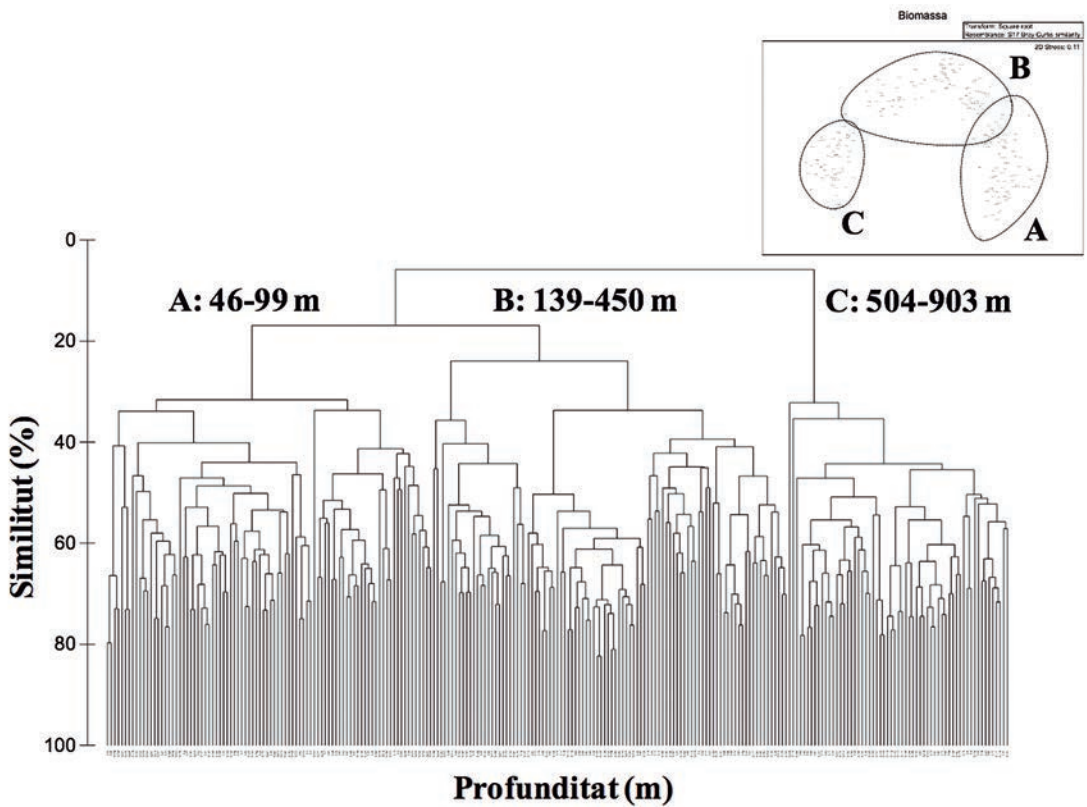


Figura 2. Dendrograma clúster i MDS de la matriu de biomasses estandarditzades (kg/km^2) de les mostres d'espècies necto-bentòniques, obtingudes amb xarxa de ròssec. Els grups A, B i C del MDS corresponen als mateixos grups que s'identifiquen en el dendrograma, en el que també s'assenyala la fondària de cada mostra.

Taula III. Resultats de l'anàlisi SIMPER de la matriu de biomasses estandarditzades, pels tres grups de mostres d'espècies necto-bentòniques identificats amb anàlisi clúster i MDS (A: 42-99 m profunditat; B: 139-450 m profunditat; C: 504-903 m profunditat). Per a cada espècie es mostra la biomassa promig estandarditzada (B; kg/km²), la contribució a la similitud (%) i la similitud acumulada ($\Sigma\%$).

Grup A (42-99 m): 38,33% similitud

Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Scyliorhinus canicula</i>	340,9	12,54	12,54	<i>Zeus faber</i>	114,8	2,88	65,71
<i>Octopus vulgaris</i>	292,2	9,92	22,46	<i>Trigloporus lastoviza</i>	125,5	2,48	68,18
<i>Spicara smaris</i>	475,3	9,62	32,09	<i>Scorpaena notata</i>	98,6	2,35	70,54
<i>Trachinus draco</i>	180,7	6,56	38,65	<i>Scorpaena scrofa</i>	86,4	2,01	72,54
<i>Boops boops</i>	241,0	4,78	43,43	<i>Dardanus arrosor</i>	65,6	1,80	74,35
<i>Serranus cabrilla</i>	145,6	4,65	48,08	<i>Mullus surmuletus</i>	98,5	1,71	76,05
<i>Serranus hepatus</i>	172,4	4,58	52,66	<i>Eledone cirrhosa</i>	67,4	1,56	77,61
<i>Loligo vulgaris</i>	135,3	3,81	56,47	<i>Pagellus erythrinus</i>	74,3	1,42	79,04
<i>Trachurus mediterraneus</i>	167,7	3,38	59,85	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	66,3	1,26	80,30
<i>Merluccius merluccius</i>	129,6	2,98	62,82				

Grup B (139-450 m): 36,04% similitud

Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Merluccius merluccius</i>	204,2	8,99	8,99	<i>Lophius budegassa</i>	97,6	2,91	62,13
<i>Scyliorhinus canicula</i>	197,3	8,39	17,38	<i>Gadiculus argenteus</i>	110,7	2,20	64,32
<i>Raja clavata</i>	218,5	8,07	25,45	<i>Mullus surmuletus</i>	75,8	2,13	66,46
<i>Capros aper</i>	332,7	7,38	32,83	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	101,1	2,10	68,55
<i>Illex coindetii</i>	117,7	4,51	37,34	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	58,9	1,95	70,50
<i>Eledone cirrhosa</i>	94,9	4,50	41,84	<i>Zeus faber</i>	80,0	1,89	72,39
<i>Lepidorhombus boschii</i>	90,4	4,42	46,25	<i>Macropipus tuberculatus</i>	43,9	1,83	74,22
<i>Glossanodon leioglossus</i>	239,9	3,41	49,67	<i>Loligo forbesii</i>	71,3	1,70	75,92
<i>Synchiropus phaeton</i>	109,0	3,33	53,00	<i>Argentina sphyraena</i>	59,8	1,66	77,58
<i>Trigla lyra</i>	108,5	3,32	56,31	<i>Peristedion cataphractum</i>	45,9	1,50	79,08
<i>Trachurus trachurus</i>	184,4	2,91	59,22	<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	56,5	1,46	80,54

Grup C (504-903 m): 47,6% similitud

Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Galeus melastomus</i>	421,4	26,18	26,18	<i>Etmopterus spinax</i>	55,0	2,99	68,77
<i>Geryon longipes</i>	134,2	8,56	34,74	<i>Conger conger</i>	61,4	2,78	71,56
<i>Phycis blennoides</i>	129,5	8,27	43,01	<i>Todarodes sagittatus</i>	76,0	2,73	74,28
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	104,1	7,19	50,20	<i>Plesionika acanthonotus</i>	35,0	2,36	76,65
<i>Aristeus antennatus</i>	109,1	6,05	56,25	<i>Hymenocephalus italicus</i>	31,4	1,63	78,28
<i>Nezumia aequalis</i>	86,6	5,29	61,54	<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	34,3	1,56	79,84
<i>Plesionika martia</i>	76,0	4,24	65,78	<i>Nephrops norvegicus</i>	55,8	1,49	81,33

Estacionalitat

Els descriptors de comunitats que van ser estimats pel grup A durant la primavera i tardor de 2004 i 2005 no mostren un patró clar de variació estacional, amb diferències entre anys majors que dins cadascun dels dos anys (Fig. 3). Els resultats de l'anàlisi SIMPER de la matriu de biomasses estandarditzades mostren resultats semblants i també que aquestes diferències corresponen a espècies de caràcter més pelàgic (Taula IV). És el cas de *S. smarís*, que contribueix més a la similitud del grup i és més abundant durant la tardor que en primavera. Per contra, *Sardina pilchardus* va ser molt abundant i important per a la semblança del grup A el 2005, però el 2004 ni apareix entre les espècies importants per a la similitud d'aquest grup. *B. boops* i *T. mediterraneus* també mostren diferències semblants, sent abundants i contribuint de manera important a la similitud del grup A en les dues campanyes de 2004 i durant la tardor de 2005, però en la primavera de 2005 tampoc apareixen entre les espècies importants per a la similitud d'aquest grup.

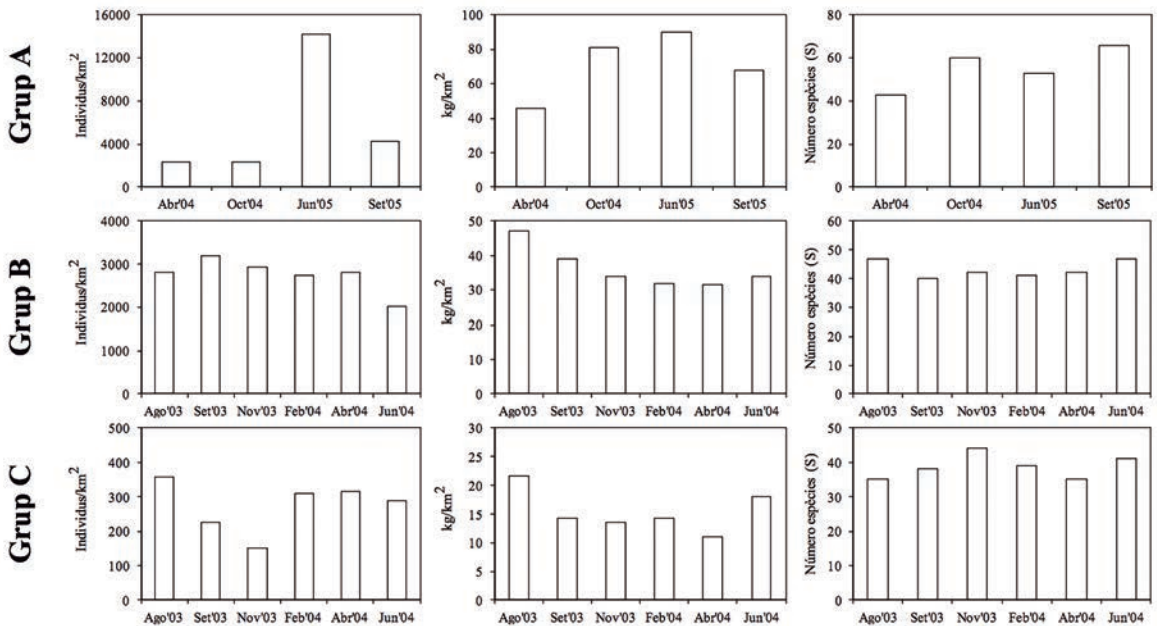


Figura 3. Valors promig estacionals d'abundància i biomassa totals estandarditzades (individus/km² i kg/km², respectivament) i riquesa específica (número d'espècies per mostra; S) de les mostres d'espècies necto-bentòniques dels grups A, B i C (A: 42-99 m profunditat; B: 139-450 m profunditat; C: 504-903 m profunditat), identificats amb anàlisi clúster i MDS. Les mostres del grup A corresponen a les campanyes BALAR d'Abril 2004 (5 mostres) i Juny 2005 (5 mostres) i les campanyes MIGJORN d'Octubre 2004 (14 mostres) i Setembre 2005 (17 mostres). Les mostres dels grups B i C corresponen a les campanyes IDEA d'Agost, Setembre i Novembre 2003 i Febrer, Abril i Juny 2004 (3 mostres per campanya).

Pels grups B i C també es van estimar els descriptors de comunitats en diferents èpoques dels anys 2003 i 2004, amb resultats semblants als del grup A (Fig. 3). L'anàlisi SIMPER de la matriu de biomasses estandarditzades tampoc va mostrar un patró estacional clar (Taula 5 i 6). En el grup B, les principals diferències van correspondre a *C. aper* (Taula V), un peix meso-pelàgic la densitat del qual i importància per a la similitud del grup B va ser major durant primavera-estiu que a la tardor i hivern. *G. leioglossus* també mostrà algunes diferències, amb màxims durant la tardor de 2003. En el grup C (Taula VI), *A. antennatus* va mostrar algunes diferències estacionals, amb densitats menors durant l'estiu. Per contra, *L. crococalis*, una altra espècie íctica en la qual els juvenils són meso-pelàgics mentre que les fases adultes són necto-bentòniques, va ser més abundant i important per a la similitud del grup el 2004 que el 2003.

Taula IV. Resultats de l'anàlisi SIMPER per a les mostres d'espècies necto-bentòniques del grup A (42-99 m profunditat), obtingudes en les campanyes BALAR d'Abril 2004 (5 mostres) i Juny 2005 (5 mostres) i les campanyes MIGJORN d'Octubre 2004 (14 mostres) i Setembre 2005 (17 mostres). Per a cada espècie es mostra el valor promig de biomassa estandarditzada (B; kg/km²), la seva contribució a la similitud (%) i el valor de similitud acumulada ($\Sigma\%$).

Dissimilitud entre mostres

%	Abr'04	Oct'04	Jun'05	Set'05
Abr'04		64,3	69,4	67,4
Oct'04			67,8	62,1
Jun'05				62,7
Set'05				

Similitud de mostres

Abril 2004				Octubre 2004			
Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Scyliorhinus canicula</i>	211,4	17,42	17,42	<i>Octopus vulgaris</i>	291,4	14,73	14,73
<i>Octopus vulgaris</i>	237,4	12,15	29,57	<i>Scyliorhinus canicula</i>	282,3	14,59	29,33
<i>Trachurus mediterraneus</i>	173,1	9,61	39,17	<i>Spicara smaris</i>	493,0	7,37	36,69
<i>Loligo vulgaris</i>	141,4	8,06	47,23	<i>Boops boops</i>	333,8	6,35	43,04
<i>Zeus faber</i>	155,7	7,02	54,25	<i>Loligo vulgaris</i>	199,9	6,21	49,25
<i>Spicara smaris</i>	308,0	5,41	59,66	<i>Trachinus draco</i>	92,3	4,76	54,02
<i>Boops boops</i>	284,4	5,32	64,98	<i>Trigloporus lastoviza</i>	90,4	3,55	57,56
<i>Pagellus erythrinus</i>	74,3	4,50	69,48	<i>Serranus hepatus</i>	112,8	3,52	61,08
<i>Merluccius merluccius</i>	104,6	3,24	72,73	<i>Trachurus mediterraneus</i>	154,4	3,51	64,59
				<i>Serranus cabrilla</i>	97,0	3,39	67,98
				<i>Alloteuthis media</i>	65,2	2,16	70,15
Juny 2005				Setembre 2005			
Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Sardina pilchardus</i>	784,3	14,70	14,70	<i>Spicara smaris</i>	559,7	10,36	10,36
<i>Trachinus draco</i>	132,8	8,49	23,19	<i>Octopus vulgaris</i>	332,1	9,74	20,11
<i>Scyliorhinus canicula</i>	228,9	8,20	31,39	<i>Scyliorhinus canicula</i>	297,2	6,85	26,96
<i>Octopus vulgaris</i>	215,6	7,03	38,42	<i>Serranus hepatus</i>	226,8	6,07	33,03
<i>Serranus hepatus</i>	136,0	6,17	44,59	<i>Trachinus draco</i>	165,1	5,95	38,98
<i>Merluccius merluccius</i>	217,9	6,11	50,70	<i>Loligo vulgaris</i>	218,2	5,90	44,88
<i>Spicara smaris</i>	314,2	5,31	56,02	<i>Sardina pilchardus</i>	465,8	4,59	49,47
<i>Eledone cirrhosa</i>	114,1	5,25	61,27	<i>Boops boops</i>	243,8	4,41	53,89
<i>Zeus faber</i>	130,6	4,88	66,15	<i>Trigloporus lastoviza</i>	163,9	3,47	57,36
<i>Loligo vulgaris</i>	112,6	4,32	70,47	<i>Scorpaena notata</i>	136,1	3,28	60,64
				<i>Serranus cabrilla</i>	139,6	3,05	63,69
				<i>Merluccius merluccius</i>	143,2	2,69	66,38
				<i>Lophius piscatorius</i>	123,7	2,48	68,87
				<i>Mullus surmuletus</i>	155,8	2,47	71,33

Taula V. Resultats de l'anàlisi SIMPER per a les mostres d'espècies necto-bentòniques del grup B (139-450 m profunditat), obtingudes en les campanyes IDEA d'Agost, Setembre i Novembre 2003 i Febrer, Abril i Juny 2004 (3 mostres per campanya). Per a cada espècie es mostra el valor promig de biomassa estandarditzada (B; kg/km²), la seva contribució a la similitud (%) i el valor de similitud acumulada ($\Sigma\%$).

Dissimilitud entre mostres

%	Ago'03	Set'03	Nov'03	Feb'04	Abr'04	Jun'04
Ago'03		40,6	45,5	47,9	45,9	43,5
Set'03			40,3	44,7	45,6	44,7
Nov'03				42,9	47,2	47,2
Feb'04					46,1	48,5
Abr'04						44,9
Jun'04						

Similitud de mostres

Agost 2003				Setembre 2003			
Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Capros aper</i>	937,5	20,25	20,25	<i>Glossanodon leioglossus</i>	707,2	17,91	17,91
<i>Raja clavata</i>	304,4	7,81	28,05	<i>Capros aper</i>	413,0	9,79	27,69
<i>Scyliorhinus canicula</i>	321,4	7,48	35,53	<i>Scyliorhinus canicula</i>	315,1	9,76	37,45
<i>Glossanodon leioglossus</i>	480,4	6,07	41,60	<i>Raja clavata</i>	310,0	9,66	47,11
<i>Lophius budegassa</i>	250,3	5,86	47,46	<i>Lophius budegassa</i>	193,0	6,91	54,01
<i>Synchiropus phaeton</i>	280,4	5,42	52,88	<i>Synchiropus phaeton</i>	232,5	6,73	60,74
<i>Leucoraja naevus</i>	121,3	3,52	56,40	<i>Merluccius merluccius</i>	211,0	5,13	65,87
<i>Chelidonichthys cuculus</i>	224,6	3,46	59,86	<i>Arnoglossus rueppelii</i>	157,1	3,99	69,86
<i>Merluccius merluccius</i>	213,3	3,42	63,28	<i>Leucoraja naevus</i>	133,2	3,39	73,25
<i>Zeus faber</i>	132,6	3,23	66,50				
<i>Mullus surmuletus</i>	97,0	2,64	69,15				
<i>Lophius piscatorius</i>	101,	2,48	71,62				
Novembre 2003				Febrer 2004			
Espècies	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Glossanodon leioglossus</i>	720,2	21,74	21,74	<i>Glossanodon leioglossus</i>	500,5	9,77	9,77
<i>Scyliorhinus canicula</i>	352,4	10,33	32,07	<i>Lophius budegassa</i>	285,0	8,85	18,62
<i>Raja clavata</i>	307,5	7,95	40,02	<i>Scyliorhinus canicula</i>	254,6	8,39	27,01
<i>Lophius budegassa</i>	230,0	7,21	47,23	<i>Raja clavata</i>	243,4	7,91	34,92
<i>Synchiropus phaeton</i>	151,0	4,53	51,76	<i>Merluccius merluccius</i>	185,4	6,97	41,89
<i>Capros aper</i>	232,0	4,50	56,26	<i>Synchiropus phaeton</i>	161,7	6,69	48,58
<i>Loligo forbesii</i>	144,1	4,07	60,33	<i>Loligo forbesii</i>	138,9	5,71	54,29
<i>Leucoraja naevus</i>	109,0	3,37	63,70	<i>Lepidorhombus boscii</i>	136,8	4,90	59,19
<i>Merluccius merluccius</i>	103,0	3,04	66,74	<i>Capros aper</i>	261,7	4,44	63,63
<i>Illex coindetii</i>	95,4	2,94	69,68	<i>Arnoglossus rueppelii</i>	173,7	4,18	67,81
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	114,7	2,76	72,44	<i>Peristedion cataphractum</i>	110,6	3,39	71,20
<i>Arnoglossus rueppelii</i>	116,8	3,13	72,25				
Abril 2004				Juny 2004			
Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècies	B	%	$\Sigma\%$
<i>Capros aper</i>	493,6	12,8	12,81	<i>Capros aper</i>	557,2	12,8	12,87
<i>Scyliorhinus canicula</i>	288,9	8,10	20,91	<i>Scyliorhinus canicula</i>	360,6	11,7	24,54
<i>Merluccius merluccius</i>	256,6	7,46	28,37	<i>Glossanodon leioglossus</i>	359,0	9,51	34,05
<i>Lophius budegassa</i>	188,0	7,14	35,51	<i>Merluccius merluccius</i>	267,4	8,39	42,44
<i>Raja clavata</i>	185,2	6,19	41,70	<i>Raja clavata</i>	250,1	8,17	50,61
<i>Synchiropus phaeton</i>	169,2	5,75	47,45	<i>Synchiropus phaeton</i>	291,3	7,00	57,61
<i>Lepidorhombus boscii</i>	145,9	5,71	53,16	<i>Eledone cirrhosa</i>	206,3	6,09	63,70
<i>Raja asterias</i>	161,1	5,71	58,87	<i>Lepidorhombus boscii</i>	141,1	4,42	68,13
<i>Eledone cirrhosa</i>	116,1	3,49	62,36	<i>Arnoglossus rueppelii</i>	138,1	2,91	71,03
<i>Trigla lyra</i>	80,7	3,46	65,81				
<i>Mullus surmuletus</i>	88,9	3,31	69,12				
<i>Arnoglossus rueppelii</i>	116,8	3,13	72,25				

Taula VI. Resultats de l'anàlisi SIMPER per a les mostres d'espècies necto-bentòniques del grup C (504-903 m profunditat), obtingudes en les campanyes IDEA d'Agost, Setembre i Novembre 2003 i Febrer, Abril i Juny 2004 (3 mostres per campanya). Per a cada espècie es mostra el valor promig de biomassa estandarditzada (B; kg/km²), la seva contribució a la similitud (%) i el valor de similitud acumulada ($\Sigma\%$).

Dissimilitud entre mostres

%	Ago'03	Set'03	Nov'03	Feb'04	Abr'04	Jun'04
Ago'03		35,9	46,6	42,1	48,1	43,7
Set'03			43,3	40,5	46,5	44,0
Nov'03				44,6	48,6	47,8
Feb'04					43,3	42,8
Abr'04						46,6
Jun'04						

Similitud de mostres

Agost 2003				Setembre 2003			
Espècies	B	%	$\Sigma\%$	Espècies	B	%	$\Sigma\%$
<i>Galeus melastomus</i>	668,8	35,60	35,60	<i>Galeus melastomus</i>	499,0	28,35	28,35
<i>Phycis blennoides</i>	244,8	13,28	48,88	<i>Phycis blennoides</i>	191,5	10,13	38,48
<i>Nezumia aequalis</i>	123,4	6,55	55,44	<i>Merluccius merluccius</i>	161,2	7,31	45,79
<i>Plesionika martia</i>	135,1	6,50	61,94	<i>Plesionika martia</i>	157,1	7,21	53,00
<i>Geryon longipes</i>	113,0	4,60	66,54	<i>Geryon longipes</i>	105,0	6,16	59,16
<i>Aristeus antennatus</i>	132,8	4,59	71,12	<i>Aristeus antennatus</i>	138,4	4,78	63,94
				<i>Nezumia aequalis</i>	117,4	4,23	68,17
				<i>Lampanyctus crocodilus</i>	88,8	3,81	71,97
Novembre 2003				Febrer 2004			
Espècies	B	%	$\Sigma\%$	Espècies	B	%	$\Sigma\%$
<i>Galeus melastomus</i>	412,2	11,44	11,44	<i>Galeus melastomus</i>	488,6	19,48	19,48
<i>Aristeus antennatus</i>	187,6	11,29	22,73	<i>Aristeus antennatus</i>	198,2	11,10	30,58
<i>Phycis blennoides</i>	151,6	7,71	30,44	<i>Geryon longipes</i>	95,3	6,90	37,47
<i>Micromesistius poutassou</i>	98,7	5,99	36,43	<i>Phycis blennoides</i>	124,1	6,89	44,36
<i>Plesionika martia</i>	111,3	5,86	42,29	<i>Todarodes sagittatus</i>	135,9	6,56	50,92
<i>Etmopterus spinax</i>	92,6	5,82	48,11	<i>Nezumia aequalis</i>	111,3	6,42	57,34
<i>Geryon longipes</i>	85,5	5,68	53,80	<i>Lampanyctus crocodilus</i>	124,6	6,31	63,64
<i>Lophius piscatorius</i>	203,2	5,35	59,15	<i>Etmopterus spinax</i>	91,0	5,77	69,42
<i>Nezumia aequalis</i>	109,7	4,44	63,59	<i>Micromesistius poutassou</i>	75,5	4,16	73,58
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	66,9	4,10	67,69				
<i>Plesionika acanthonotus</i>	46,9	3,04	70,72				
Abril 2004				Juny 2004			
Espècies	B	%	$\Sigma\%$	Espècies	B	%	$\Sigma\%$
<i>Aristeus antennatus</i>	218,6	14,16	14,16	<i>Galeus melastomus</i>	595,3	27,16	27,16
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	158,8	10,66	24,82	<i>Phycis blennoides</i>	171,9	10,07	37,23
<i>Galeus melastomus</i>	311,5	7,96	32,78	<i>Aristeus antennatus</i>	191,9	9,45	46,68
<i>Phycis blennoides</i>	139,5	7,70	40,48	<i>Lampanyctus crocodilus</i>	122,8	7,81	54,49
<i>Merluccius merluccius</i>	88,8	6,71	47,19	<i>Geryon longipes</i>	150,4	7,10	61,59
<i>Todarodes sagittatus</i>	82,9	6,09	53,28	<i>Etmopterus spinax</i>	75,6	4,75	66,34
<i>Nezumia aequalis</i>	100,6	5,35	58,63	<i>Plesionika martia</i>	67,2	3,78	70,12
<i>Conger conger</i>	59,8	4,87	63,50				
<i>Etmopterus spinax</i>	92,2	4,70	68,21				
<i>Plesionika martia</i>	73,6	4,40	72,60				

Evolució temporal

Les variacions inter-anuals dels descriptors de comunitat durant el període 2001-2016 mostren patrons diferents segons els grups de mostres d'espècies necto-bentòniques identificats (Fig. 4). Mentre que en el grup A no s'observen tendències, l'abundància i biomassa totals estandarditzades del grup B mostra un augment, a diferència de la riquesa específica, que no mostra cap tendència. En aquest descriptor sí que s'observa un augment en el grup C, que per contra no mostra cap tendència en la seva abundància i biomassa totals estandarditzades.

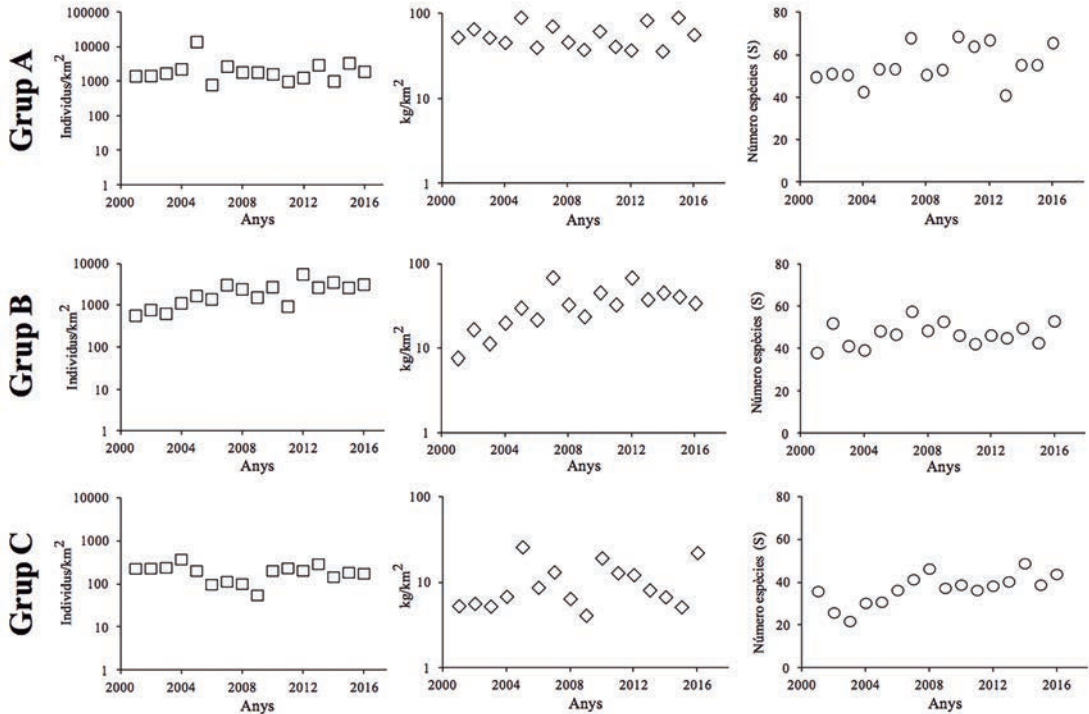


Figura 4. Valors promig anuals d'abundància i biomassa totals estandarditzades (individus/km² i kg/km², respectivament), en escala logarítmica, i de riquesa específica (número d'espècies per mostra; S), de les mostres d'espècies necto-bentòniques dels grups A, B i C (A: 42-99 m profunditat; B: 139-450 m profunditat; C: 504-903 m profunditat), identificats amb anàlisi clúster i MDS. Les mostres corresponen a la sèrie històrica de campanyes BALAR i MEDITS, realitzades a finals de primavera o principis d'estiu. El número de mostres per campanya es mostra en la Taula I.

EPI-BENTOS

Les 39 mostres recollides amb patí epi-bentònic entre 2009 i 2014 dins un rang batimètric de 47-900 m, han permès identificar fins a 496 espècies/taxons en els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera (Annex II). Els principals grups són els crustacis i les algues, amb 117 i 95 espècies/taxons, respectivament, seguits pels mol·luscs (84 espècies/taxons) i els peixos (76 espècies/taxons) i, en un tercer nivell, els ascidis (41 espècies/taxons) i els equinoderms (32 espècies/taxons). També es van recollir moltes esponges, la major part de les quals no es van poder classificar per falta de taxònoms especialistes en aquest grup. Altres grups dels que s'han recollit exemplars, però amb molta menor freqüència i densitat, són cnidaris, anèl·lids, braquiopodes i briozous.

Amb l'anàlisi clúster de la matriu de biomasses estandarditzades s'han identificat tres agrupaments de mostres a un nivell de similitud del 20%, que també s'observen amb MDS (Fig. 5). Aquests grups corresponen als estrats de fondària 47-99 m (grup A), 254-353 m (grup B) i 649-897 m (grup C). En la Taula VII es mostren els valors dels descriptors de comunitat d'aquests grups. Tant

la biomassa i l'abundància estandarditzades, com la riquesa específica i les diversitats de Margalef i de Shannon-Wiener van ser majors en el grup A ($100,6 \times 10^3$ kg/km², $236,0 \times 10^3$ individus/km², 56, 17,3 i 4,9, respectivament) que ens els grups B (266 kg/km², $75,9 \times 10^3$ individus/km², 35, 9,0 i 3,7, respectivament) i C (218 kg/km², $39,6 \times 10^3$ individus/km², 28, 7,9 i 4,0, respectivament). Els valors d'equitativitat van ser molt semblants pels tres grups, estant compresos entre 0,8 i 0,9.

Mapa I. Valors promig dels paràmetres ecològics biomassa i abundància totals estandarditzades (kg/km² i individus/km², respectivament; \pm error estàndard), amb el seu error estàndard associat (\pm SE) i els valors mínim i màxim entre parèntesi, riquesa específica (número d'espècies per mostra; *S*), diversitat (Margalef *d* i Shanon-Wiener *H'*) i equitativitat (Pielou *J'*), pels tres grups de mostres d'espècies necto-bentòniques identificats amb anàlisi clúster i MDS (A: 47-99 m profunditat; B: 254-353 m profunditat; C: 649-897 m profunditat). També es mostra el número de mostres de cada grup. Per a l'estimació de l'abundància estandarditzada i els índexs *H'*, *d* i *J'* no s'han tingut en compte les algues, ni les sponges.

Paràmetre	A	B	C
Biomassa (kg/km ²)	$100,6 \times 10^3 \pm 10 \times 10^3$ (5939-357696)	266 ± 70 (185-381)	218 ± 202 (80-644)
Abundància (individus/km ²)	$236,0 \times 10^3 \pm 207 \times 10^3$ (279202-9762080)	$75,9 \times 10^3 \pm 36 \times 10^3$ (28798-148540)	$39,6 \times 10^3 \pm 17 \times 10^3$ (14399-74893)
Riquesa específica (<i>S</i>)	56	35	28
Diversitat (<i>d</i>)	17,3	9,0	7,9
Diversitat (<i>H'</i>)	4,9	3,7	4,0
Equitativitat (<i>J'</i>)	0,9	0,8	0,9
Número de mostres	22	7	10

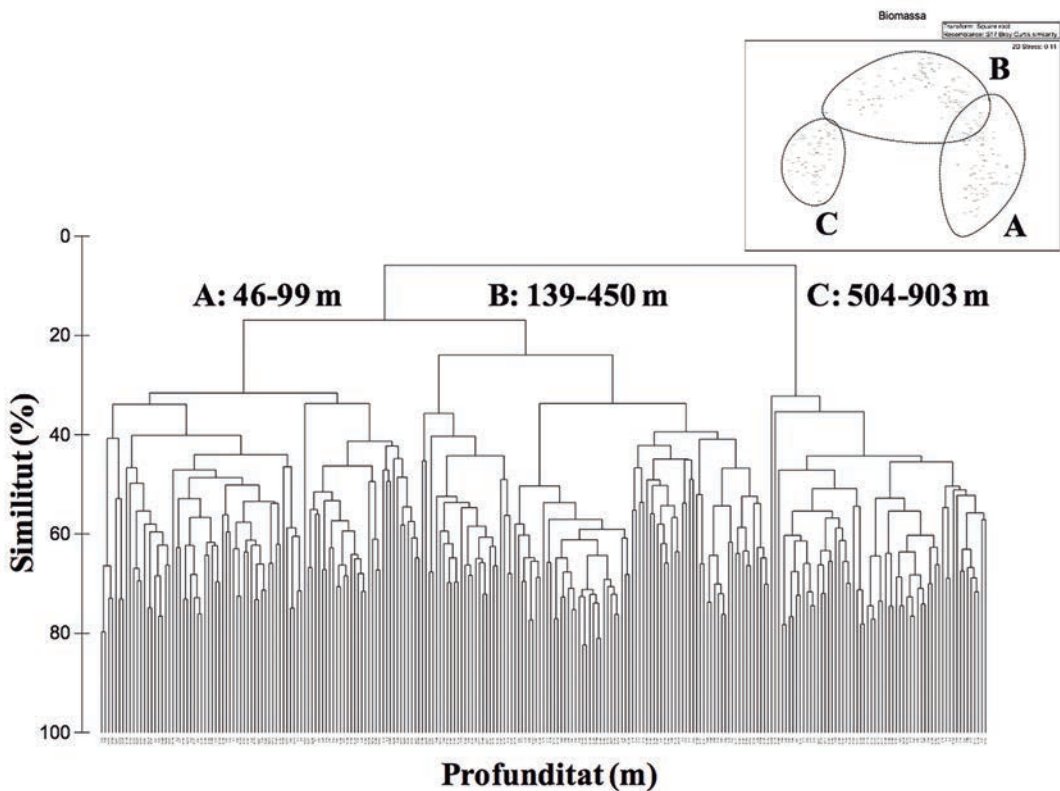


Figura 5. Dendrograma clúster i MDS de la matriu de biomasses estandarditzades (kg/km²) de les mostres d'espècies epi-bentòniques, obtingudes amb patí epi-bentònic. Els grups A, B i C del MDS corresponen als mateixos grups que s'identifiquen en el dendrograma, en el que també s'assenyala la fondària de cada mostra.

Els resultats de l'anàlisi SIMPER d'aquesta matriu mostren clares diferències en el número de taxons/espècies que contribueixen a més del 80% de similitud dins dels grups, amb 34, 14 i 13 taxons/espècies pels grups A, B i C, respectivament (Taula VIII). En el grup A, aquestes espècies són principalment esponges, gran part de les quals no es van poder classificar per falta de taxònoms especialistes en aquest grup, i algunes rodòfites calcàries (coral·linàcies incrustants, *Lithothamnion valens*, *Phymatolithon calcareum*, *Lithothamnion corallioides*, *Spongites fruticulosus* i *Lithophyllum racemus*) i toves (*Phyllophora crispa*, *Osmundaria volubilis*, *Halopteris filicina*, *Peyssonnelia inamoena* i *Peyssonnelia rosa-marina*), a més de l'alga cloròfita *Codium bursa* i l'alga feofícia *Arthrocladia villosa*. Altres espècies importants d'aquest grup són els ascidis *Ascidia mentula*, *Botryllus schlosseri*, *Aplidium elegans*, *Microcosmus vulgaris* i diverses espècies de la família Didemnidae, que tampoc es van poder classificar. En el grup B predominen els equinoderms *Spatangus purpureus* i *Parastichopus regalis*, els peixos *L. boscii*, *H. dactylopterus*, *Symphurus nigrescens*, *A. rueppelii*, *C. aper*, *Lesueurigobius friesii* i *G. argenteus* i els crustacis decàpodes *P. longirostris*, *Plesionika antigai* i *Plesionika heterocarpus*. Totes les espècies que caracteritzen el grup C són peixos (*P. blennoides*, *L. crocodilus*, *G. melastomus*, *Gaidropsarus biscayensis* i *N. aequalis*) i crustacis decàpodes (*G. longipes*, *P. acanthonotus*, *A. antennatus*, *Gennadas elegans*, *Pasiphaea multidentata*, *Polycheles typhlops*, *P. martia* i *Calocaris macandreae*).

Taula VII. Resultats de l'anàlisi SIMPER de la matriu de biomasses estandarditzades, pels tres grups de mostres d'espècies epi-bentòniques identificats amb anàlisi clúster i MDS (A: 47-99 m profunditat; B: 254-353 m profunditat; C: 649-897 m profunditat). Per a cada taxó/espècie es mostra la biomassa promig estandarditzada (B; kg/km²), la contribució a la similitud (%) i la similitud acumulada ($\Sigma\%$).

Grup A: 23,34% similitud

Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
Corallinacea (incrustants)	1808,9	8,63	8,63	<i>Halopteris filicina</i>	422,2	1,63	64,89
Porifera	1438,3	8,30	16,93	<i>Adamsia carciniopados</i>	297,2	1,51	66,40
<i>Phyllophora crispa</i>	1694,8	5,75	22,68	<i>Inachus dorsettensis</i>	204,1	1,42	67,82
<i>Lithothamnion valens</i>	1320,0	4,98	27,67	<i>Peyssonnelia inamoena</i>	559,6	1,37	69,19
<i>Phymatolithon calcareum</i>	1575,8	4,86	32,53	<i>Botryllus schlosseri</i>	496,1	1,24	70,42
<i>Lithothamnion corallioides</i>	2016,5	4,40	36,93	<i>Sphaerechinus granularis</i>	500,7	1,14	71,56
<i>Spongites fruticulosus</i>	1512,9	4,05	40,98	<i>Aplidium elegans</i>	156,5	1,10	72,66
<i>Osmundaria volubilis</i>	1474,3	3,52	44,51	<i>Dardanus arrosor</i>	302,8	1,07	73,72
<i>Ophiura ophiura</i>	328,3	3,15	47,65	<i>Inachus thoracicus</i>	201,6	0,91	74,63
<i>Pagurus prideaux</i>	450,5	2,52	50,17	<i>Laetmonice hystrix</i>	151,6	0,80	75,43
Bryozoa	304,3	2,24	52,41	<i>Arnoglossus laterna</i>	79,2	0,79	76,22
<i>Echinaster sepositus</i>	273,4	2,04	54,45	<i>Aporrhais pespelicani</i>	107,5	0,74	76,97
<i>Lithophyllum racemus</i>	1051,9	1,94	56,40	<i>Arnoglossus thori</i>	125,1	0,73	77,70
<i>Ascidia mentula</i>	400,3	1,77	58,17	<i>Microcosmus vulgaris</i>	209,9	0,72	78,42
<i>Codium bursa</i>	852,2	1,71	59,88	<i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	459,4	0,66	79,08
<i>Alcyonium palmatum</i>	284,2	1,70	61,58	Didemnidae	203,6	0,62	79,70
<i>Serranus hepatus</i>	226,2	1,68	63,26	<i>Arthrocladia villosa</i>	625,7	0,60	80,31

Grup B: 40,23% similitud

Espècie	B	%	$\Sigma\%$	Espècie	B	%	$\Sigma\%$
<i>Spatangus purpureus</i>	202,6	17,81	17,81	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	58,4	4,49	63,80
<i>Lepidorhombus boscii</i>	129,8	12,02	29,83	<i>Symphurus nigrescens</i>	50,3	3,89	67,68
<i>Thenia muricata</i>	91,7	7,78	37,61	<i>Arnoglossus rueppelii</i>	52,8	3,67	71,36
<i>Parapenaeus longirostris</i>	77,8	6,47	44,08	<i>Capros aper</i>	63,7	3,15	74,51
<i>Parastichopus regalis</i>	131,3	5,81	49,89	<i>Lesueurigobius friesii</i>	36,5	3,05	77,56
<i>Plesionika antigai</i>	64,3	4,74	54,63	<i>Gadiculus argenteus</i>	38,0	2,40	79,96
<i>Plesionika heterocarpus</i>	68,9	4,68	59,31	<i>Rondeletiola minor</i>	26,2	2,13	82,09

Grup C: 33,7% similitud

Espècie	B	%	Σ%	Espècie	B	%	Σ%
<i>Phycis blennoides</i>	171,7	17,12	17,12	<i>Gennadas elegans</i>	21,8	4,07	68,13
<i>Geryon longipes</i>	153,8	14,81	31,93	<i>Pasiphaea multidentata</i>	35,9	3,01	71,14
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	70,0	9,82	41,76	<i>Nezumia aequalis</i>	49,6	2,85	73,99
<i>Plesionika acanthonotus</i>	48,3	7,36	49,12	<i>Polycheles typhlops</i>	29,6	2,56	76,55
<i>Galeus melastomus</i>	95,9	5,41	54,53	<i>Plesionika martia</i>	59,2	2,45	79,01
<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	24,4	5,03	59,56	<i>Calocaris macandreae</i>	9,7	1,74	80,74
<i>Aristeus antennatus</i>	44,4	4,51	64,06				

DISCUSSIÓ

Els resultats del present estudi, fruit de l'anomenat Programa Nacional de Dades Bàsiques del Sector Pesquer (en anglès *Data Collection Framework*; <https://www.mapa.gob.es/gl/pesca/temas/proteccion-recursos-pesqueros/programa-nacional-datos-basicos/>) i de diversos projectes de recerca, contribueixen a millorar significativament el coneixement científic sobre la flora i fauna bentònica dels fons circalitorals i batials sedimentaris entre 50 i 900 m al voltat de l'Arxipèlag de Cabrera. Uns estatges dels que hi havia poca informació en l'obra de referència "Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera" (Alcover *et al.*, 1993), més centrada en els fons litorals. Les expedicions més recents dutes a terme per OCEANA en aquesta àrea (Anònim, 2008, 2015), van contribuir a millorar la informació bionòmica des del punt de vista qualitatiu, ja que la identificació d'espècies i el recompte d'organismes sol ser complex quan l'estudi es basa en l'anàlisi d'imatges obtingudes amb transectes de ROV.

Si ens centrem en la fauna necto-bentònica recol·lectada a partir de 249 mostres amb art de ròssec, s'han censat 23 espècies/taxons de peixos condriactis i 170 de peixos osteïctis, en front de les 14 i 57 espècies de peixos condriactis i osteïctis, respectivament, catalogats per Riera i Grau (1993) com a divagants de litoral i plataforma i dels fons detrítics de la plataforma i del talús continental de Cabrera. Pel que fa als crustacis decàpodes i els mol·luscs cefalòpodes, el número d'espècies/taxons censades ha sigut 101 i 34, respectivament, mentre que Corbera *et al.* (1993) i Altaba (1993) van catalogar 69 crustacis decàpodes i tan sols 3 mol·luscs cefalòpodes, respectivament, a partir de la informació bibliogràfica i la recol·lecció de mostres dels fons rocosos i sedimentaris litorals i de plataforma.

Respecte a la flora i fauna recol·lectada amb patí epi-bentònic, s'han censat fins a 496 espècies o taxons en un total de 39 mostres analitzades, un número sensiblement major a les 300 espècies identificades en els 21 transectes de ROV realitzats per OCEANA (Anònim, 2008). Les espècies epi-bentòniques catalogades en el present estudi són majoritàriament crustacis, algues, mol·luscs i peixos, que representen 75% del total d'espècies (24, 19, 17 i 15%, respectivament). Es tracta d'una informació complementària a l'anterior, ja que si bé hi ha nombroses espècies de crustacis decàpodes i peixos osteïctis recol·lectades amb ambdós mètodes de mostreig (art de ròssec i patí epi-bentònic), la majoria de mol·luscs recol·lectats amb patí són gasteròpodes i bivalves, uns grups poc abundants en les mostres d'art de ròssec, al igual que les algues i altres dos grups menys diversos, com són els ascidis i equinoderms, que representen el 8 i 6% de les espècies recol·lectades amb patí, respectivament.

El present estudi ha permès catalogar espècies no censades a Cabrera per Alcover *et al.* (1993). És el cas de les algues *Felicinia marginata* i *Umbraulva dangeardii*, les esponges *Suberites domuncula* i *Thenea muricata*, els crustacis *Bathynectes maravigna* i *Solenocera membranacea*, els mol·luscs *Clausinella fasciata*, *Turritella communis*, *Dendrodoris limbata* i *Heteroteuthis dispar*, els equinoderms *Trachythyone elongata* i *Luidia sarsi*, els ascidis *Diazona violacea* i *Polyclinella azemai*, els peixos condriactis *Dalatiás licha*, *Etmopterus spinax* i *Raja brachyura* i els peixos osteïctis *Gobius gasteveni*, *Lepidotrigla dieuzeidei*, *Ophisurus serpens*, *Scorpaena loppei*, per posar uns quants exemples. Veure Ballesteros (1993a), Uriz (1993), Corbera *et al.* (1993), Altaba (1993), Munar (1993), Turón (1993) i Riera i Grau (1993), respectivament. Pel que fa a la flora, i tenint en compte l'extens catàleg i descripció de Ballesteros (1993a, 1993b), cal remarcar un parell de contribucions força

rellevants del present estudi. Per una banda, la constatació de la presència de les espècies introduïdes *Botryocladia madagascariensis*, *Caulerpa cylindracea*, *Lophocladia lallemandii* i *Womersleyella setacea* a l'arxipèlag de Cabrera, que han estat citades amb anterioritat en altres zones de les Illes Balears (p.ex. Pou *et al.* 1993, Patzner, 1998, Ballesteros, 2006, Ballesteros *et al.*, 2007, Joher *et al.*, 2012). I per l'altra, l'elevada riquesa i importància de les espècies formadores de maèrl tant a Cabrera com en tot el Mediterrani, ja remarcada per Joher *et al.* (2016), que permeten trobar en aquests fons no només *Phymatolithon calcareum* i *Lithothamnion corallioides*, sinó altres espècies tant o més abundants com són *Lithothamnion valens* i *Spongites fruticulosus*. Cal assenyalar que *P. calcareum* i *L. corallioides* són les úniques espècies formadores de maèrl protegides per la Directiva Hàbitats (Directiva 92/43/CEE del Consell, de 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestre) i el Conveni de Barcelona per a la protecció del Mediterrani, tot i que els fons de maèrl en conjunt estan considerats com un hàbitat protegit pel Reglament (CE) núm. 1967/2006 del Consell, de 21 de desembre de 2006, relatiu a les mesures de gestió per a l'explotació sostenibles dels recursos pesqueres al Mediterrani.

Remarcant també les 23 espècies de condriactis censades a partir de les 249 mostres amb art de ròssec. Si ho comparem amb les 33 espècies de condriactis demersals que recentment s'han censat a partir de 3158 mostres obtingudes també en les campanyes MEDITS al llarg de tota la costa peninsular mediterrània i al voltant de Mallorca i Menorca (Ramírez-Amaro, 2017), podem intuir que els fons sedimentaris de la plataforma continental i el talús al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera presenten una diversitat elevada d'aquests peixos, que per les seves estratègies vitals són especialment vulnerables a l'impacte de la pesca (Stevens *et al.*, 2000; Lucifora *et al.*, 2012; Quetglas *et al.*, 2013). Destacar la presència a l'àrea d'estudi de *Centrophorus granulosus*, *Galeorhinus galeus* i *Squalus acanthias* que en el "Llibre vermell dels peixos de les Illes Balears" s'han catalogat com espècies 'en perill crític', de *Mustelus mustelus* catalogada en 'perill' i de *Dasyatis centroura*, *Rostroraja alba*, *Oxynotus centrina*, *Squalus blainville* i *Etmopterus spinax* catalogades com a 'vulnerables' (Grau *et al.*, 2015). De fet, aquesta darrera espècie ha mostrat un declivi en la seva abundància al Mediterrani occidental, incloent les Illes Balears, durant les dues darreres dècades (Ordines *et al.*, 2011a; Ramírez-Amaro, 2017).

El número d'espècies o taxons censats en el present estudi (496 i 328 a partir de les mostres de patí epi-bentònic i art de ròssec, respectivament), suggereix que els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera tenen una diversitat semblant, i fins i tot superior, a la del Canal de Menorca. En aquest àrea, Barberá *et al.* (2012) van catalogar fins a 520 espècies epi-bentòniques i 116 espècies necto-bentòniques. Aquest i altres estudis, que van permetre identificar i cartografiar espècies i hàbitats d'interès per a la conservació, així com les activitats antròpiques com la pesca (Barberá *et al.*, 2012; Moranta *et al.*, 2014; Requena i Gili, 2014; Grinyó *et al.*, 2016, 2018), van ser la base científica en que es va fonamentar la declaració del Canal de Menorca com a Lloc d'Interès Comunitari (LIC; Orden AAA/1299/2014; BOE Núm. 176, de 21 Julio 2014). També serviran de punt zero, per estimar l'evolució d'aquestes espècies i hàbitats després de la seva protecció. Un exemple a seguir per a l'ampliació del Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera.

La profunditat és el principal factor que determina les comunitats necto-bentòniques i epi-bentòniques identificades en els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. En ambdós casos s'han identificat tres agrupacions d'espècies que es corresponen amb fons de la plataforma continental, marge de la plataforma i inici del talús i del talús mitjà. La comunitat necto-bentònica de plataforma està caracteritzada per peixos i mol·luscs cefalòpodes, en la del talús mitjà predominen els crustacis decàpodes i peixos, mentre que en la del marge de plataforma i principi de talús cohabituen espècies de plataforma, com *Mullus surmuletus*, *Trachurus trachurus* i *Chelidonicichthys cuculus*, amb espècies de talús, com *Lepidorhombus* spp., *Helicolenus dactylopterus* i *Lophius budegassa*. En la comunitat epi-bentònica de plataforma predominen clarament les algues roges i en la del talús mitjà els crustacis decàpodes i peixos, mentre que en la del marge de plataforma i principi de talús trobem equinoderms, peixos i crustacis decàpodes. Els paràmetres ecològics que caracteritzen les comunitats necto-bentòniques i epi-bentòniques també segueixen un mateix patró batimètric, amb una disminució de l'abundància i biomassa, la riquesa d'espècies i la diversitat amb la profunditat.

Pel que fa a les tres comunitats d'espècies necto-bentòniques identificades a partir del mostreig amb art de ròssec (peixos, crustacis decàpodes i cefalòpodes), es repeteix a escala local (Cabrera) el patró descrit a escala regional (Illes Balears: Massutí i Reñones, 2005; Mar Tirrè: Biagi *et al.*, 2002; Creta: Kallianiotis *et al.*, 2000) i que, més recentment, s'ha comprovat que es dona al llarg de tot el Mediterrani (Farriols *et al.*, 2019). Aquest patró també s'ha descrit per a cada un dels grups taxonòmics considerats de manera independent: cefalòpodes (González i Sánchez, 2002), crustacis decàpodes (Maynou i Cartes, 2000) i peixos (Demestre *et al.*, 2000). Com s'ha comentat abans, la informació existent sobre les comunitats epi-bentòniques del Mediterrani és molt escassa i, a més a més, es limita al fons de talús (Cartes *et al.*, 2009; Ramón *et al.*, 2014). Per això, no és possible esbrinar si les tres comunitats observades a Cabrera representen un patró general, que es trobaria també a altres àrees.

L'evolució estacional analitzada per a les espècies necto-bentòniques no mostra cap patró de variació en cap de les tres comunitats, tal vegada degut al baix nombre de mostres en alguns casos (primavera-estiu en la comunitat de plataforma i les quatre estacions de l'any en les altres dues comunitats), o a que les anàlisis s'han realitzat tenint en compte les densitats en termes de biomassa i no d'abundància. De fet, els canvis estacionals més importants que es poden donar en aquestes comunitats són resultat del reclutament de les seves espècies i, per tant, afecten més al nombre d'individus que al pes. Moranta *et al.* (2008) ja havien analitzat aquests canvis en les comunitats del marge de plataforma i inici del talús i del talús mitjà, i no van detectar efectes estacionals en la composició de les comunitats, en els seus descriptors univariants, ni en els espectres de biomassa. Aquests autors conclouen que no hi ha canvis estacionals clars, a nivell de comunitat, en aquest poblaments necto-bentònics profunds, d'acord amb els resultats obtinguts per Maynou i Cartes (2000), però no amb altres autors que han detectat canvis estacionals en les comunitats profundes del Mediterrani (Sardà *et al.*, 1994; Maynou *et al.*, 1996; Kallianiotis *et al.*, 2000; Madurell *et al.*, 2004). El resultat del present estudi tampoc coincideixen amb els de Massutí i Reñones (2005), que van comparar les comunitats necto-bentòniques al voltant Mallorca i Menorca entre la primavera i la tardor de 2001. Aquests autors van detectar diferències en les comunitats del marge de plataforma i inici de talús, amb majors abundàncies dels crustacis decàpodes *Plesionika heterocarpus*, *Plesionika edwardsii* i *Plesionika martia* i del peixos *Chelidonichthys cuculus*, *Chlorophthalmus agassizi*, *Scyliorhinus canicula* i *Galeus melastomus* durant la tardor, i de *Merluccius merluccius* durant la primavera.

En les comunitats necto-bentòniques també s'han pogut estimar les variacions inter-anuals en els seus descriptors al llarg de la sèrie de 16 anys de campanyes BALAR-MEDITS. El baix nombre de mostres en alguns casos (principalment en la comunitat del talús mitjà) fa que aquests resultats hagin de ser considerats amb prudència. Malgrat això, no s'observen tendències negatives i, fins i tot, s'intueixen alguns increments en les comunitats més profundes. Concretament, en la densitat d'espècies necto-bentòniques en el marge de plataforma i inici del talús i en el número d'aquestes espècies en el talús mitjà. Aquest és un aspecte a destacar, donat que la majoria de les estacions de mostreig d'aquestes campanyes es situen en caladors tradicionals de la flota de ròssec (Farriols *et al.*, 2017). Guijarro *et al.* (Guijarro *et al.* (2020) han analitzat l'esforç pesquer, considerat com a número de dies de pesca, d'aquesta flota al voltant l'Arxipèlag de Cabrera i demostren que es va reduir a la meitat durant el període 2006-2014 i que, el darrers anys, aquesta reducció ha sigut major en les pesqueres de talús que en les de plataforma. També demostren que les pesqueres del marge de plataforma i inici del talús estan sotmeses a un esforç pesquer considerablement menor, si es compara amb les de la plataforma costanera i el talús mitjà. Tot això, junt amb el fet de que, probablement degut al preu del combustible, durant la darrera dècada no s'està augmentant la potència de les embarcacions de la flota de ròssec, com venia passant d'ençà mitjans del segle passat (Quetglas *et al.*, 2013), està resultant en una disminució efectiva de l'esforç pesquer, que explicaria la relativa estabilitat en les comunitats necto-bentòniques explotades per la pesca de ròssec, que s'intueix en el present estudi. Aquests resultats coincideixen amb els obtinguts per Ramírez-Amaro (2017), qui ha analitzat les tendències temporals dels condriactis a la Península Ibèrica i les Illes Balears. Malgrat la major vulnerabilitat d'aquestes espècies a l'explotació pesquera, en general aquest autor no va observar tendències negatives en la diversitat i densitat de les seves poblacions.

El caladors del marge de plataforma i inici de talús són fons poc explotats per la flota de ròssec de Mallorca i Menorca i, particularment també, per les embarcacions de Santanyí i Palma que operen al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. Es tracta d'una comunitat on predominen els peixos i són molt abundants espècies de baix o nul valor comercial (p.ex. *Gadiculus argenteus*, *Glossanodon leioglossus*, *Argentina sphyraena* i *Capros aper*), mentre que en les espècies d'interès comercial com *Merluccius merluccius*, *Scyliorhinus canicula*, *Helicolenus dactylopterus*, *Lepidorhombus* spp. i *Lophius budegassa*, predominen els individus petits, de menor valor comercial i, en alguns casos, individus per davall de la talla mínima de captura. De fet, alguns pescadors els coneixen com a "fons bords", probablement perquè amb el patró d'explotació actual, es fa difícil obtenir-hi rendiments semblants als de les pesqueres de la plataforma costanera i, sobretot, del talús superior i mitjà, on predominen els crustacis decàpodes d'alt valor comercial (escamarlà *Nephrops norvegicus* i gamba roja *Aristeus antennatus*). Recentment s'ha demostrat l'existència en aquests fons de punts calents on es solapen, de manera persistent en el temps, àrees de reclutament d'algunes d'aquestes espècies d'interès comercial i zones d'elevada diversitat i densitat de les comunitats necto-bentòniques (Tugores *et al.*, 2019). Aquests fons són, per tant, d'especial interès per implementar plans de gestió pesquera, que no tan sols millorin les poblacions de les espècies objectiu, si no també la conservació de les comunitats necto-bentòniques explotades. Aquest fet, juntament amb la menor activitat pesquera que realitza la flota de ròssec en els caladors del marge de plataforma i inici de talús, són també aspectes a tenir en compte en l'ampliació del Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera.

Per últim, cal vindicar els programes actuals de seguiment científic de les pesqueries europees, com una eina fonamental no tan sols per avaluar els recursos vius explotats per la pesca i l'impacte d'aquesta activitat antròpica en els ecosistemes, si no també per a l'estudi de la biodiversitat marina. Especialment les campanyes de recerca MEDITS (Bertrand *et al.*, 2002), la principal font de dades sobre espècies necto-bentòniques del present estudi. En aquestes campanyes s'aplica un protocol de mostratge que, entre altres coses, inclou la separació, identificació, recompte i pesat de totes les mostres obtingudes, fins el grup taxonòmic més baix possible. Això ha fet que la base de dades generades per aquest programa de campanyes hagi estat també fonamental per a l'elaboració de l'informe de les Estratègies Marines sobre l'estat inicial del descriptor 1 (Biodiversitat) en la Demarcació *Levantino-Balear* (Ruiz *et al.*, 2012), que inclou les Illes Balears. També són nombrosos els exemples de com aquest programa de campanyes ha contribuït a millorar el coneixement de la flora i fauna de la Mediterrània i, en particular, d'aquest Arxipèlag. En aquest sentit, i pel que fa l'àrea de Cabrera, podem destacar una primera cita al Mediterrani occidental del peix epigònid *Microichthys coccoi*, que només es coneixia a la conca oriental (Ordines *et al.*, 2018), la primera cita a les Illes Balears del cal·lionímid *Callionymus reticulatus* (Fricke i Ordines, 2017), una espècie que al Mediterrani només es coneixia a partir d'un únic individu recollit a les costes de Màlaga a principis del segle XIX, que fou utilitzat per a fer-ne la descripció original de l'espècie, i la primera cita també a les Balears del gòbid *Buenia affinis* (Kovačić *et al.* 2018a), només conegut amb anterioritat al Golf de Lleó (Mediterrani occidental) i als mars Adriàtic i Egeu, en la conca oriental. Així mateix, gràcies als mostres realitzats al voltant de l'arxipèlag de Cabrera, s'han pogut obtenir gran part dels individus utilitzats en les descripcions de tres noves espècies de gòbids trobades a les Illes Balears, *Speleogobius llorisi*, *Buenia massutii* i *Buenia lombartei* (Kovačić *et al.*, 2016, 2017, 2018b, respectivament), de les quals només es coneix la seva presència fora de les Illes en el cas de *S. llorisi*, que recentment ha estat citada al Mar Egeu (Engin *et al.*, 2017).

A mode de conclusió, els resultats d'aquest estudi mostren que els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera presenten una elevada diversitat d'espècies necto- i epi-bentòniques. Cal destacar la presència d'espècies d'algues formadores de fons de maërl, un hàbitat protegit per la normativa mediambiental i pesquera, i també d'algues introduïdes i d'altres espècies de flora i fauna no censades fins ara en aquesta àrea. Destacar també l'elevada diversitat de condriactis, un peixos especialment vulnerables a l'impacte de la pesca. Els paràmetres ecològics de les comunitats necto-bentòniques s'han mostrat estables durant les darreres dècades, coincidint amb la reducció de l'esforç de la flota de ròssec que les explota. Aquests resultats contribueixen a millorar el coneixement científic de la flora i fauna marina de Cabrera, essent una eina fonamental per a millorar la seva gestió mediambiental i pesquera.

AGRAÏMENTS

Els autors agraeixen als científics participants i les tripulacions dels V/Rs *Francisco de Paula Navarro*, *Cornide de Saavedra*, *Ramón Margalef* i *Miguel Oliver* i del V/P *Moraliti Nou*, posteriorment anomenat *Punta des Vent*, la seva col·laboració en les campanyes de recerca. També als experts en diversos grups taxonòmics que han col·laborat en la identificació d'espècies. Les campanyes MEDITES van ser cofinançades per la Unió Europea, mitjançant el Fons Europeu Marítim i de Pesca (FEMP) en el context del Programa Nacional de Datos Básicos del Sector Pesquero, i les campanyes IDEA i IDEADOS van ser finançades pel Programa Estatal I+D+I (REN2002-04535-C02-02/MAR i CTM2008-04489-C03-01 -02, respectivament), mentre que les campanyes MIGJORN i DRAGONALS van ser cofinançades pel Govern de les Illes Balears, a través d'un conveni de col·laboració amb el Instituto Español de Oceanografía. Aquest estudi s'ha realitzat dins del projecte CLIFISH, també finançat pel Programa Estatal I+D+I (CTM2015-66400-C3-1-R).

REFERÈNCIES

- Abelló, P., Valladares, F.J. i Castellón, A. 1988. Analysis of the structure of decapod crustacean assemblages off the Catalan coast (Northwest Mediterranean). *Marine Biology*, 98(1): 39-49.
- Abelló, P., Carbonell, A. i Torres, P. 2002. Biogeography of epibenthic crustaceans on the shelf and upper slope off the Iberian Peninsula Mediterranean coasts: implications for the establishment of natural management areas. *Scientia Marina*, 66: 183-198.
- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). 1993. Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 2: 1-782.
- Altaba, C.R. 1993. XXXVIII. Els mol·luscs marins: Catàleg preliminar. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 589-596.
- Anònim.- 2008. Estudio Bionómico de Cabrera. Estudio bionómico de los fondos profundos del Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera y sus alrededores. Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears i OCEANA, 56 pp. Inèdit.
- Anònim.- 2015. *Expedition 2014 Balearic Islands: Cabrera National Park and Mallorca Channel Seamounts*. OCEANA, 21 pp. Inèdit.
- Antit, M., Daoulati, A., Urrea, J., Rueda, J.L., Gofas, S. i Salas, C. 2016. Seasonality and trophic diversity in molluscan assemblages from the Bay of Tunis (southern Mediterranean Sea). *Medit. Mar. Sci.*, 17(3): 692-707.
- Ballesteros, E. 1993a. XXXIII. Algues bentòniques i fanerògames marines. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 503-530.
- Ballesteros, E. 1993b. XLIV. El bentos: Les comunitats. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 687-730.
- Ballesteros, E. 1994. The deep-water *Peyssonnelia* beds from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Marine Ecology*, 15: 233-253.
- Ballesteros, E. 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology*, 44: 123-195.
- Ballesteros, E., Cebrian, E. i Alcoverro, T. 2007. Mortality of shoots of *Posidonia oceanica* following meadow invasion by the red alga *Lophocladia lallemandii*. *Botanica Marina*, 50: 8-13.
- Barberá, C., Moranta, J., Ordines, F., Ramón, M., de Mesa, A., Díaz-Valdés, M., Grau, A.M. i Massutí, E. 2012. Biodiversity and habitat mapping of Menorca Channel (western Mediterranean): implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 20(1): 1-28.
- Bertrand, J.A., Gil de Sola, L., Papaconstantinou, C., Relini, G. i Souplet, A. 2002. The general specifications of the MEDITES surveys. *Sci. Mar.*, 66(Suppl. 2): 9-17.
- Biagi, F., Sartor, P., Ardizzone, G.D., Belcari, P., Belluscio, A., i Serena, F. 2002. Analysis of demersal assemblages off Tuscany and Latiun coasts (north-western Mediterranean). *Scientia Marina*, 66: 233-242.
- Bordehore, C., Ramos-Esplá, A.A., Riosmena-Rodríguez, R. 2003. Comparative study of two maerl beds with different otter trawling history, southeast Iberian Peninsula. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: S43-S54.
- Browman, H.I. i Stergiou, K.I. 2004. Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. *Marine Ecology Progress Series*, 274: 269-303.
- Cartes, J.E., Maynou, F., Fanelli, E., Romano, C., Mamouridis, V. i Papiol, V. 2009. The distribution of megabenthic, invertebrate epifauna in the Balearic Basin (western Mediterranean) between 400 and 2300 m: Environmental gradients influencing assemblages composition and biomass trends. *Journal of Sea Research*, 61: 244-257.
- Clarke, K.R. i Gorley, R.N. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Coll, J. i Moreno, I. 1993. Contribució al conocimiento de la bionomía bentónica de la isla Dragonera (Mallorca,

- Mediterráneo Occidental). *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 11: 313-324.
- Coll, J., García-Rubies, A., Morey, G. i Grau, A.M. 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three marine protected areas in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Sci. Mar.*, 76(4): 809-826.
- Colloca, F., Cardinale, M., Belluscio, A. i Ardizzone, G. 2003. Pattern of distribution and diversity of demersal assemblages in the central Mediterranean sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 469-480.
- Corbera, J., Ballesteros, E. i Garcia, Ll. 1993. XXXVII. Els crustacis decàpodes. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 579-587.
- Demestre, M., Sánchez, P. i Abelló, P. 2000. Demersal fish assemblages and habitat characteristics on the continental shelf and upper slope of the north-western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80: 981-988.
- Domínguez, M., Fontán, A., Rivera, J. i Ramón, M. 2013. Informe Proyecto DRAGONSAL: Caracterización del ecosistema bentónico de la plataforma costera del área comprendida entre Sa Dragonera, Cabrera y el Cap de Ses Salines (Mallorca). Informe Convenio de Colaboración entre Instituto Español de Oceanografía y el Conselleria de Presidència del Govern de les Illes Balears, 198 pp.
- Dremière, P.Y., Fiorentini, L., Cosimi, G., Leonori, I., Sala, A. i Spagnolo, A. 1999. Escapement from the main body of the bottom trawl used for the Mediterranean international trawl survey (MEDITS). *Aquatic Living Resources*, 12(3): 207-217.
- Engin, S., Oruç, A.Ç., Seyhan, D. i Irmak, E. 2017. New records of *Speleogobius trigloides* Zander i Jelinek, 1976 and *S. llorisi* Kovačić, Ordines i Schlieuwen, 2016 (Osteichthyes: Gobiidae) in the Aegean Sea. *J. Appl. Ichthyol.*, 33(5): 1015-1017.
- Farriols, M.T., Ordines, F., Somerfield, P.J., Pasqual, C., Hidalgo, M., Guijarro, B., i Massutí, E. 2017. Bottom trawl impacts on Mediterranean demersal fish diversity: Not so obvious or are we too late? *Continental Shelf Research*, 137: 84-102.
- Farriols, M.T., Ordines, F., Carbonara, P., Casciaro, L., Di Lorenzo, M., Esteban, A., Follesa, C., García-Ruiz, C., Isajlovic, I., Jadaud, A., Ligas, A., Manfredi, C., Marceta, B., Peristeraki, P., Vrgoc, N. i Massutí, E. 2019. Spatio-temporal trends in diversity of demersal fish assemblages along the Mediterranean. In: Spedicato, M.T., Tserpes, G., Mérigot, B. i Massutí, E. (eds.). *Mediterranean demersal resources and ecosystems: 25 years of MEDITS trawl surveys. Scientia Marina*, 83S1: "189-206..
- Fiorentini, L., Dremière, P.Y., Leonori, I., Sala, A. i Palumbo, V. 1999. Efficiency of the bottom trawl used for the Mediterranean international trawl survey (MEDITS). *Aquatic Living Resources*, 12(3): 187-205.
- Francour, P. 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology*, 18(2): 157-173.
- Francour, P. 2000. Evolution spatio-temporelle à long terme des peuplements des herbiers à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée nord-occidentale). *Cybium*, 24(3): 85-95.
- Fricke R. i Ordines, F. 2017. First record of the reticulated dragonet, *Callionymus reticulatus* Valenciennes, 1837 (Actinopterygii: Callionymiformes: Callionymidae), from the Balearic Islands, western Mediterranean. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 47 (2): 163-171.
- Galil, B.S. 2004. The limit of the sea: the bathyal fauna of the Levantine Sea. *Scientia Marina*, 68(S3): 63-72.
- García-Carrascosa, A.M. 1987. El bentos de los alrededores de las islas Columbretes. Elementos para su cartografía bionómica. In: Alonso, L.A., Carretero, J.L. i García-Carrascosa, A.M. (eds.). *Islas Columbretes. Contribución al estudio de su medio natural*. Generalitat Valenciana. València. 477-495.
- García Charton, J.A. 1999. *Estructura espacial, dinámica temporal y hábitat del poblamiento de peces litorales mediterráneos*. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- García Muñoz, J.E., Manjón-Cabeza, M.E. i García Raso, J.E. 2008. Decapod crustacean assemblages from littoral bottoms of the Alborán Sea (Spain, west Mediterranean Sea): Spatial and temporal variability. *Scientia Marina*, 72(3):437-449.
- García Raso, J.E. i Manjón-Cabeza, M.E. 2002. An infralittoral decapod crustacean community of Southern Spain affected by anthropogenic disturbances. *Journal of Crustacean Biology*, 22(1): 83-90.
- García-Rubies, A. 1993. XLII. Distribució batimètrica dels peixos litorals de substrat rocós a l'illa de Cabrera. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 645-661.
- García-Rubies, A. 1997. *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània occidental: efecte de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.
- Garrabou, J., Ballesteros, E. i Zabala, M. 2002. Structure and Dynamics of North-western Mediterranean Rocky Benthic Communities along a Depth Gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 55. 493-508.
- Gilat, E. 1969. Study of an ecosystem in the coastal waters of Ligurian Sea. III. Macrobenthic communities. *Bulletin de l'Institut Océanographique*, 69(1396): 1-76.
- Gili, J.M. i Ros, J. 1985. Study and cartography of the benthic communities of Medes Islands (NE Spain). *Mar. Ecol.*, 6(3): 219-238.
- Gonzalez, M. i Sanchez, P. 2002. Cephalopod assemblages caught by trawling along the Iberian Peninsula Mediterranean coast. *Scientia Marina* 66: 199-208.
- Grau, A.M., Mayol, J., Oliver, J., Riera, F. i Riera, M.A. 2015. Llibre vermell dels peixos de les Illes Balears. Conselleria

- de Medi Ambient, Agricultura i Pesca, 150 pp.
- Grémare, A., Amouroux, J.M. i Vétion, G. 1998. Long-term comparison of macrobenthos within the soft bottoms of the Bay of Banyuls-sur-mer (Northwestern Mediterranean Sea). *Journal of Sea Research*, 40:281-302.
- Grinyó, J., Gori, A., Ambroso, S., Purroy, A., Calatayud, C., Dominguez-Carrió, C., Coppari, M., Lo Iacono, C., López-González, P.J. i Gili, J.M. 2016. Diversity, distribution and population size structure of deep Mediterranean gorgonian assemblages (Menorca Channel, Western Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, 145: 42-56.
- Grinyó, J., Gori, A., Greenacre, M., Requena, S., Canepa, A., Iacono, C.L., Ambroso, S., Purroy, A. i Gili, J.M. 2018. Megabenthic assemblages in the continental shelf edge and upper slope of the Menorca Channel, Western Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 162: 40-51.
- Guijarro, B. i Massutí, E. 2006. Selectivity of diamond- and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 62: 52-67.
- Guijarro, B., Tserpes, G., Moranta, J. i Massutí, E. 2011. Assessment of the deep water trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean): from single to multi-species approach. *Hydrobiologia*, 670: 67-85.
- Guijarro, B., Massutí, E., Quetglas, A., Moranta, J., Ordines, F., Valls, M. i González, N. 2012. Inter- and intra-annual trends and status indicators of nektonic elasmobranch populations off the Balearic Islands (north-western Mediterranean). *Scientia Marina*, 76(1): 87-96.
- Guijarro, B., Ordines, F., Pasqual, C., Valls, M., Quetglas, A. i Massutí, E. En *Avaluació. La pesca de ròssec al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. Present Volum.*
- Guille, A. 1971. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française IV. Densités, biomasses et variations saisonnières de la macrofaune. *Vie et Milieu*, 22(1B): 93-158.
- Joher, S., Ballesteros, E., Cebrian, E., Sánchez, N. i Rodríguez-Prieto, C. 2012. Deep-water macroalgal-dominated coastal detritic assemblages on the continental shelf off Mallorca and Menorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Botanica Marina*, 55 (5): 485-497.
- Joher, S., Ballesteros, E. i Rodríguez-Prieto, C. 2015. Contribution to the study of deep coastal detritic bottoms: the algal communities of the continental shelf off the Balearic Islands, Western Mediterranean. *Mediterranean Marine Science*, 16 (3): 573-590.
- Joher, S., Ballesteros, E. i Rodríguez-Prieto, C. 2016. Macroalgal-dominated coastal detritic communities from the Western Mediterranean and the Northeastern Atlantic. *Mediterranean Marine Science*, 17 (2): 476-495.
- Kallianiotis, A., Sophronidis, K., Vidoris, P. i Tselepidis, A. 2000. Demersal fish and megafaunal assemblages on the Cretan continental shelf and slope (NE Mediterranean): Seasonal variation in species density, biomass and diversity. *Progress in Oceanography*, 46: 429-455.
- Kovačić, M., Ordines, F. i Schliewen, U.K. 2016. A new species of *Speleogobius* (Teleostei: Gobiidae) from the Western Mediterranean Sea. *Zootaxa*, 4066(3): 301-310.
- Kovačić, M., Ordines, F. i Schliewen, U.K. 2017. A new species of *Buenia* (Teleostei: Gobiidae) from the western Mediterranean Sea, with the description of this genus. *Zootaxa*, 4250(5): 447-460.
- Kovačić, M., Ordines, F. i Schliewen, U.K. 2018a. A new species of *Buenia* (Perciformes: Gobiidae) from the western Mediterranean slope bottoms, the redescription of *Buenia jeffreysi* and the first Balearic record of *Buenia affinis*. *Zootaxa*, 4392(2): 267-288.
- Kovačić, M., Ordines, F. i Schliewen, U.K. 2018b. A new species of *Buenia* (Perciformes: Gobiidae) from the western Mediterranean slope bottoms, the redescription of *Buenia jeffreysi* and the first Balearic record of *Buenia affinis*. *Zootaxa*, 4392(2): 267-288.
- Labropoulou, M. i Papaconstantinou, C. 2004. Community structure and diversity of demersal fish assemblages: the role of fishery. *Scientia Marina*, 68: 215-226.
- Labruno, C., Grémare, A., Amouroux, J.M., Sardá, R., Gil, J. i Taboada, S. 2008. Structure and diversity of shallow soft-bottom benthic macrofauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Helgolander Marine Research*, 62. 201-214.
- Longobardi, L., Bavestrello, G., Betti, F. i Cattaneo-Vietti, R. 2017. Long-term changes in a Ligurian infralittoral community (Mediterranean Sea): A warning signal?. *Regional Studies in Marine Science*, 14: 15-26.
- Lucifora, L.O., García, V.B., Menni, R.C. i Worm, B. 2012. Spatial patterns in the diversity of sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyes) in the Southwest Atlantic. *Biodiversity and Conservation*, 21: 407-419.
- Madurell, T., Cartes, J.E. i Labropoulou, M. 2004. Changes in the structure of fish assemblages in a bathyal site of the Ionian Sea (eastern Mediterranean). *Fisheries Research*, 66: 245-260.
- Marina, P., Rueda, J.L., Urra, J., Salas, C., Gofas, S., García-Raso, J.E., Moya, F., García, T., López-González, N., Laiz-Carrión, R. i Baro, J. 2015. Sublittoral soft bottom assemblages within a Marine Protected Area of the northern Alboran Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(5): 871-884.
- Massutí, E., Reñones, O., Carbonell, A. i Oliver, P. 1996. Demersal fish communities exploited on the continental shelf and slope off Majorca (Balearic Islands, NW Mediterranean). *Vie et Milieu*, 46(1): 45-55.
- Massutí, E. i Moranta, J. 2003. Demersal assemblages and depth distribution of elasmobranchs from the continental shelf and slope trawling grounds off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 60: 753-766.
- Massutí, E., Gordon, J.D.M., Moranta, J., Swan, S.C., Stefanescu, C. i Merrett, N.R. 2004. Mediterranean and Atlantic deep-sea fish assemblages: differences in biomass composition and size related structure. *Scientia Marina*, 68 (Suppl. 3): 101-115.

- Massutí, E. i Reñones, O. 2005. Demersal resource assemblages in the trawl fishing grounds off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 69: 167-181.
- Massutí, E., Olivar, M.P., Monserrat, S., Rueda, L. i Oliver, P. 2014. Towards understanding the influence of environmental conditions on demersal resources and ecosystems in the western Mediterranean: Motivations, aims and methods of the IDEADOS project. *Journal of Marine Systems*, 138: 3-19.
- Maynou, F. i Cartes, J.E. 2000. Community structure of bathyal decapod crustaceans off south-west Balearic Islands (western Mediterranean): seasonality and regional patterns in zonation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80 (5): 789-798.
- Molinier, R. 1960. Etude des biocoenoses marines de cap Corse. *Vegetatio*, 9: 120-192 i 217-311.
- Moranta, J., Palmer, M., Morey, G., Ruiz, A. i Morales-Nin, B. 2006. Multi-scale spatial variability in fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* meadows in the Western Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(3-4): 579-592.
- Moranta, J., Quetglas, A., Massutí, E., Guijarro, B., Hidalgo, J.M. i Díaz, P. 2008. Spatio-temporal variations in deep-sea communities off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 71: 346-366.
- Moranta, J., Stefanescu, C., Massutí, E., Morales-Nin, B. i Lloris, D. 1998. Fish community structure and depth related trends on the continental slope of the Balearic Islands (Algerian Basin, western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 171: 247-259.
- Moranta, J., Barberá, C., Druet, M. i Zaragoza, N. (eds.). 2014. Caracterización ecológica de la plataforma continental (50-100 m) del Canal de Menorca. Informe final LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Baleares. Coordinación: Fundación Biodiversidad, 504 pp.
- Munar, J. 1993. IXL. Els equinodermes. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 597-606.
- Ordines, F., Moranta, J., Palmer, M., Lerycke, A., Suau, A., Morales-Nin, B., Grau, A.M. 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 304: 221-233.
- Ordines, F. i Massutí, E. 2009. Relationships between macro-epibenthic communities and fish on the shelf grounds of the western Mediterranean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19: 370-383.
- Ordines, F., Massutí, E., Moranta, J., Quetglas, A., Guijarro, B. i Fliti, K. 2011a. Balearic Islands vs. Algeria: two nearby western Mediterranean elasmobranchs populations with different oceanographic scenarios and fishing histories. *Scientia Marina*, 75(4): 707-717.
- Ordines, F., Jordà, G., Quetglas, A., Flexas, M., Moranta, J. i Massutí, E. 2011b. Connections between hydrodynamics, benthic landscape, and associated fauna in the Balearic Islands, western Mediterranean. *Continental Shelf Research*, 31: 1835-1844.
- Ordines, F., Fricke, R., Williston, A., Guijarro, B. i Massutí, E. 2018. First record of *Microichthys coccoi* (Actinopterygii: Perciformes: Epigonidae) from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Acta Ichthyol. Piscat.*, 48 (1): 19-25.
- Patzner, R. 1998. The invasion of *Lophocladia* (Rhodomelaceae, Lophotalia) at the northern coast of Ibiza (Western Mediterranean Sea). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 41: 75-80.
- Pèrès, J. i Picard, J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rev. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31(47): 5-137.
- Pérez-Ruzafa, A., Pérez-Ruzafa, I., Ros, J. i Marcos, C. 1987. Evolución de las características ambientales y los poblamientos del Mar Menor (Murcia, SE de España). *Anales de Biología. Sección Biología Ambiental*, 12(3): 53-65.
- Pikitch, E.K., Santora, C., Babcock, E.A., Bakun, A., Bonfil, R., Conover, D.O., Dayton, P., Doukakis, P., Fluharty, D., Heneman, B., Houde, E.D., Link, J., Livingston, P.A., Mangel, M., McAllister, M.K., Pope, J. i Sainsbury, K.J. 2004. Ecosystem-based fishery management. *Science*, 305: 356-347.
- Pou, S., Ballesteros, E., Delgado, O., Grau, A.M., Riera, F. i Weitzmann, B. 1993. Sobre la presencia de *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh (Caulerpales, Chlorophyta) en Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 36: 83-90.
- Pubill, E., Abelló, P., Ramón, M. i Bateta, M. 2011. Faunistic assemblages of a subtidal coarse sand community in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 75(1): 189-196.
- Quetglas, A., Carbonell, A. i Sánchez, P. 2000. Demersal continental shelf and upper slope cephalopod assemblages from the balearic sea (north-western Mediterranean). Biological aspects of some deep-sea species. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 50 (6): 739-749.
- Quetglas, A., Ordines, F., Hidalgo, J.M., Monserrat, S., Ruiz, S., Amores, A., Moranta, J. i Massutí, E. 2013. Synchronous combined effects of fishing and climate within a demersal community. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2): 319-328.
- Quetglas, A., Valls, M., Ordines, F., de Mesa, A., Olivar, M.P., Keller, S. i Massutí, E. 2014. Structure and dynamics of cephalopod assemblages in the water column on shelf-break and slope grounds of the western Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 138: 150-159.
- Ramírez-Amaro, S., Ordines, F., Terrasa, B., Esteban, A., García, C., Guijarro, B. i Massutí, E. 2015. Demersal chondrichthyans in the western Mediterranean: assemblages and biological parameters of their main species. *Marine and Freshwater Research*, 67: 636-652.
- Ramón, M., Abelló, P., Ordines, F. i Massutí, E. 2014. Deep epibenthic communities in two contrasting areas of the Balearic Islands (western Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 138: 182-193.

- Reiss, H., Kröncke, I. i Ehrich, S. 2006. Estimating the catching efficiency of a 2-m beam trawl for sampling epifauna by removal experiments. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1453-1464.
- Reñones, O., Massutí, E., Moranta, J., Coll, J. i Moreno, I. 1995. Fish fauna of *Posidonia oceanica* seagrass meadows in Palma Bay (Balearic Islands). *Cybium*, 19(2): 201-206.
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J. i Morales-Nin, B. 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Sci. Mar.*, 61(4): 495-506.
- Requena, S. i Gili, J.M. (eds.). 2014. Caracterización ecológica del área marina del Canal de Menorca: zonas profundas y semiprofundas (100-400 m). Informe final LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Instituto de Ciencias del Mar, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Barcelona). Coordinación: Fundación Biodiversidad, 167 pp.
- Reviriego, B., Moranta, J. i Coll, J. 1996. Cartografia bionòmica dels fons marins adjacents a les illes del Toro i d'es Malgrat (SW de Mallorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 39: 187-203.
- Riera, F. i Grau, A.M. 1993. XLI. La ictiofauna. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 623-644.
- Ruiz, J.M., Massutí, E., Ordines, F., Quetglas, A., Moranta, J., Ramos, A., Barcala, E., Franco, I., Gil de Sola, L., Garcia, J.E., Macías, D., Lens, S., Deudero, S., Vázquez, M., Bellas, J., Mas, J., Giménez, F., Gomáriz, F., de la Ossa, J.A., del Pilar-Ruso, Y., Ramos, A., Sánchez, J.L., Garrido, D., Rodríguez, J.C., Gonzalez-Irusta, J.M., Garcia, J.E., Farriols, M.T. i Díaz, V. 2012. Estrategia marina. Demarcación marina Levantino-Balear. Parte IV. Descriptores del buen estado ambiental. Descriptor 1: Biodiversidad. Evaluación inicial y buen estado ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e Instituto Español de Oceanografía, 231 pp.
- Stevens, J.D., Bonfil, R., Dulvy, N.K. i Walker, P.A. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 476-494.
- Sardà, F., Cartes, J.E. i Company, J.B. 1994. Spatio-temporal variations in megabenthos abundance in three different habitats of the Catalan deep-sea (Western Mediterranean). *Marine Biology*, 120: 211-219.
- Tecchio, S., Ramírez-Llodra, E., Sardà, F. i Company, J.B. 2011. Biodiversity of deep-sea demersal megafauna on western and central Mediterranean basins. *Scientia Marina*, 75: 341-350.
- Tugores, M.P., Ordines, F., Guijarro, B., García, C., Esteban, A. i Massutí, E. 2019. Essential fish habitats and hotspots of nekton-benthic diversity and density in the western Mediterranean. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, A Q C 3 0 3 1 (In Press): 11 pp.
- Turon, X. 1993. XL. Els ascidis: Faunística i distribució. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 607-621.
- Uriz, M.J. 1993. XXXIV. Les esponges litorals. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 531-547.
- Valle, C., Bayle-Sempere, J., Dempster, T., Sanchez-Jerez, P. i Casalduero, F. 2007. Temporal variability of wild fish assemblages associated with a sea-cage farm in the south-western Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 72. 299-307.

ANNEXOS

Annex I. Espècies necto-bentòniques capturades amb art de ròssec durant el període 2001-2016 entre 42 i 897 m de profunditat, en els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant l'Arxipèlag de Cabrera. Per a cada una d'elles es mostra el rang batimètric (RB; m) en el que va aparèixer, la freqüència d'ocurrència (F; %) i els valors promig, amb el seu error estàndard associat (\pm SE), de la seva biomassa (B; kg/km²) estandarditzades dins d'aquest rang.

Crustacis decàpodes

Espècies/Taxons	RB	F	B	Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Acanthephyra eximia</i>	750-752	50	0,03 \pm 0,03	<i>Macropipus tuberculatus</i>	48-754	49	1 \pm 3
<i>Acanthephyra pelagica</i>	615-897	34	0,1 \pm 0,2	<i>Macropodia linearesi</i>	46-96	6	0,004 \pm 0,021
<i>Acanthephyra purpurea</i>	653-710	19	0,02 \pm 0,04	<i>Macropodia rostrata</i>	46-143	12	0,03 \pm 0,17
<i>Aegaeon cataphractus</i>	58-752	13	0,004 \pm 0,013	<i>Macropodia</i> spp,	58-336	2	0,004 \pm 0,036
<i>Aegaeon lacazei</i>	62-747	7	0,003 \pm 0,013	<i>Macropodia tenuirostris</i>	42-334	17	0,02 \pm 0,1
Alpheidae indeterminada	252	100	0,01	<i>Maja crispata</i>	46-58	7	0,02 \pm 0,07
<i>Alpheus dentipes</i>	74	100	0,1	<i>Monodaeus couchii</i>	253-754	9	0,004 \pm 0,018
<i>Alpheus glaber</i>	97-252	5	0,001 \pm 0,005	<i>Munida intermedia</i>	328-749	32	0,14 \pm 0,4
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	450-752	64	3 \pm 6	<i>Munida rutilanti</i>	156-756	24	0,09 \pm 0,3
<i>Aristeus antennatus</i>	504-897	89	18 \pm 23	<i>Munida</i> spp,	586	100	1
<i>Ascidonia flavomaculata</i>	50	50	0,02 \pm 0,02	<i>Munida tenuimana</i>	344-755	45	0,2 \pm 0,7
<i>Atelecyclus rotundatus</i>	57-67	15	0,03 \pm 0,07	<i>Nephrops norvegicus</i>	355-754	68	10 \pm 17
<i>Bathynectes maravigna</i>	581-610	53	0,3 \pm 0,4	Paguridae indeterminada	586	100	1
<i>Calappa granulata</i>	52-693	4	0,1 \pm 0,6	<i>Paguristes eremita</i>	46-90	4	0,002 \pm 0,009
<i>Chlorotocus crassicornis</i>	253-442	25	0,02 \pm 0,06	<i>Pagurus alatus</i>	96-752	22	0,1 \pm 0,5
<i>Dardanus arrosor</i>	42-749	52	3 \pm 8	<i>Pagurus excavatus</i>	94-610	6	0,01 \pm 0,05
<i>Distolambrus maltzami</i>	96	100	0,03	<i>Pagurus forbesii</i>	50	100	0,04
<i>Dorhynchus thomsoni</i>	444-755	3	0 \pm 0,002	<i>Pagurus prideaux</i>	42-359	43	3 \pm 9
<i>Dromia personata</i>	46-95	27	0,08 \pm 0,26	<i>Pagurus</i> spp,	597	100	0,009
<i>Ebalia</i> spp,	70	100	0,06	<i>Palinurus elephas</i>	90-165	16	7 \pm 24
<i>Ebalia tuberosa</i>	48	100	3	<i>Palinurus mauritanicus</i>	97-592	5	1 \pm 3
<i>Ethusa mascarone</i>	50-252	2	0,001 \pm 0,006	<i>Pandalina brevisrostris</i>	442	100	0,01
<i>Eurynome</i> spp,	97	100	0,06	<i>Pandalina profunda</i>	440	100	0,01
<i>Eusergestes arcticus</i>	409-896	53	0,1 \pm 0,9	<i>Parapenaeus longirostris</i>	154-750	52	2 \pm 6
<i>Funchalia woodwardi</i>	662	67	0,1 \pm 0,1	<i>Paromola cuvieri</i>	252-896	32	2 \pm 4
<i>Galathea</i> spp,	253	100	0,01	<i>Parthenopoides massena</i>	50	100	0,04
<i>Gennadas elegans</i>	593-896	14	0,002 \pm 0,006	<i>Pasiphaea multidentata</i>	581-897	82	1 \pm 2
<i>Geryon longipes</i>	355-897	82	18 \pm 22	<i>Pasiphaea sivado</i>	409-755	57	1 \pm 2
<i>Goneplax rhomboides</i>	252-266	15	2 \pm 7	<i>Philocheras echinulatus</i>	442-666	14	0,002 \pm 0,006
<i>Distolambrus maltzami</i>				<i>Pilumnus spinifer</i>	42-98	32	0,06 \pm 0,16
<i>Homola barbata</i>	91	100	0,18	<i>Pilumnus</i> spp,	46-52	14	0,01 \pm 0,03
<i>Inachus communissimus</i>	50-67	10	0,01 \pm 0,02	<i>Pilumnus villosissimus</i>	47-99	18	0,04 \pm 0,18
<i>Inachus dorsettensis</i>	46-99	17	0,2 \pm 0,6	<i>Pisa armata</i>	42-328	28	0,3 \pm 1
<i>Inachus leptochirus</i>	62-99	4	0,03 \pm 0,21	<i>Pisa nodipes</i>	54-70	7	0,02 \pm 0,07
<i>Inachus parvirostris</i>	58	100	0,24	<i>Plesionika acanthonotus</i>	181-897	55	1 \pm 1
<i>Inachus</i> spp,	52-58	13	1 \pm 2	<i>Plesionika antigai</i>	252-661	51	0,3 \pm 0,6
<i>Inachus thoracicus</i>	46-99	56	2 \pm 3	<i>Plesionika edwardsii</i>	251-868	8	2 \pm 14
<i>Latreillia elegans</i>	60	100	0,1	<i>Plesionika gigliolii</i>	252-746	71	1 \pm 2
<i>Ligur ensiferus</i>	601-647	43	0,01 \pm 0,01	<i>Plesionika heterocarpus</i>	153-738	51	4 \pm 12
<i>Liocarcinus corrugatus</i>	54-96	12	0,02 \pm 0,07	<i>Plesionika martia</i>	416-853	93	8 \pm 13
<i>Liocarcinus depurator</i>	49-636	11	0,06 \pm 0,31	<i>Plesionika narval</i>	353-666	13	0,002 \pm 0,005
<i>Liocarcinus</i> spp,	91	100	0,03	<i>Polycheles typhlops</i>	353-897	75	0,4 \pm 0,5
<i>Liocarcinus zariquieyi</i>	50	100	0,03	<i>Pontocaris</i> spp,	581	100	0,02
<i>Lissa chiragra</i>	42-256	8	0,03 \pm 0,16	<i>Pontophilus norvegicus</i>	441-897	7	0,002 \pm 0,007

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Pontophilus spinosus</i>	358-746	10	0,001±0,004
<i>Processa canaliculata</i>	52-694	17	0,02±0,05
<i>Processa macrophthalmia</i>	48	100	0,03
<i>Processa nouveli nouveli</i>	58-251	2	0,04±0,36
<i>Rissoides desmaresti</i>	357	100	0,04
<i>Scyllarus arctus</i>	58-444	3	0,01±0,08
<i>Sergestes arachnipedus</i>	647-666	25	0,003±0,01

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Sergia robusta</i>	504-897	83	0,2±0,6
<i>Solenocera membranacea</i>	355-686	15	0,01±0,02
<i>Spinolambrus macrochelous</i>	52	100	0,04
<i>Squilla mantis</i>	96	100	1
<i>Stereomastis sculpta</i>	896	100	0,04
<i>Xantho pilipes</i>	91-96	17	0,003±0,008

Mol·luscs cefalòpodes

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Abralia veranyi</i>	97-754	16	0.1±0.2
<i>Alloteuthis media</i>	46-334	73	6±11
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	694-738	50	0.5±0.5
<i>Ancistroteuthis lichtensteini</i>	504-896	21	0.2±0.6
<i>Argonauta argo</i>	97	100	0.4±0
<i>Bathypolypus sponsalis</i>	153-896	23	0.4±1.2
<i>Eledone cirrhosa</i>	46-751	67	9±14
<i>Eledone moschata</i>	47-99	49	8±12
<i>Galiteuthis armata</i>	615	100	0.1
<i>Heteroteuthis dispar</i>	409-755	21	0.01±0.02
<i>Histioteuthis bonnellii</i>	353-756	19	1±2
<i>Histioteuthis reversa</i>	353-896	40	1±1
<i>Illex coindetii</i>	61-756	63	18±47
<i>Loligo forbesii</i>	91-747	37	7±18
<i>Loligo vulgaris</i>	42-353	47	18±49
<i>Neorossia caroli</i>	251-755	11	0.1±0.5
<i>Octopus salutii</i>	159-897	21	1±2

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Octopus vulgaris</i>	42-584	46	58±119
<i>Onychoteuthis banksii</i>	694-897	12	0.2±1
<i>Opisthoteuthis calypso</i>	894	100	1
<i>Pteroctopus tetracirrhous</i>	97-750	23	2±4
<i>Rondeletiola minor</i>	99-442	17	0.1±0.6
<i>Rossia macrosoma</i>	151-751	29	0.3±0.6
<i>Scaevargus unicolorrhous</i>	67-349	31	2±5
<i>Sepia elegans</i>	46-253	51	1±2
<i>Sepia officinalis</i>	42-97	31	4±8
<i>Sepia orbignyana</i>	52-359	31	1±2
<i>Sepietta neglecta</i>	50-57	10	0.01±0.03
<i>Sepietta oweniana</i>	50-615	38	1±3
<i>Sepioloa robusta</i>	96	100	0.1
<i>Sepioloa spp.</i>	47-150	3	0.002±0.012
<i>Stoloteuthis leucoptera</i>	445	100	0.01
<i>Todarodes sagittatus</i>	91-755	35	5±12
<i>Todaropsis eblanae</i>	251-664	21	1±2

Peixos condrictis

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Centrophorus granulosus</i>	594-753	14	9±25
<i>Chimaera monstrosa</i>	440-666	27	0.4±1.1
<i>Dalatias licha</i>	583-590	29	1±1
<i>Dasyatis centroura</i>	58-59	50	2038±3453
<i>Dasyatis pastinaca</i>	42-98	14	30±119
<i>Dipturus oxyrinchus</i>	251-636	30	5±12
<i>Etmopterus spinax</i>	442-897	77	4±5
<i>Galeorhinus galeus</i>	48	100	776
<i>Galeus melastomus</i>	251-897	81	135±200
<i>Leucoraja naevus</i>	52-755	19	2±7
<i>Mustelus mustelus</i>	42-96	4	2±9
<i>Myliobatis aquila</i>	42-144	16	56±169

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Oxymotus centrina</i>	98-251	4	0.3±1.4
<i>Raja brachyura</i>	46-353	3	3±20
<i>Raja clavata</i>	57-693	56	50±76
<i>Raja miraletus</i>	42-165	32	7±19
<i>Raja polystigma</i>	46-749	11	2±14
<i>Raja rádula</i>	42-151	21	21±73
<i>Rostroraja alba</i>	48	100	4
<i>Scyliorhinus canicula</i>	42-540	94	98±122
<i>Squalus acanthias</i>	142-359	10	1±3
<i>Squalus blainville</i>	148-744	6	3±29
<i>Torpedo marmorata</i>	52-258	5	1±8

Peixos osteïctis

Espècies/Taxons	RB	F	B	Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Alepocephalus rostratus</i>	751-897	53	36±68	<i>Diaphus holti</i>	343-756	12	0.01±0.03
<i>Anthias antias</i>	90-164	19	0.4±1.3	<i>Diaphus rafinesquii</i>	610	100	0.01
<i>Aphia minuta</i>	58-141	6	0.1±0.8	<i>Diplecogaster bimaculata</i>	50-91	6	0.002±0.007
<i>Arctozemus risso</i>	583-896	23	0.03±0.07	<i>Diplodus annularis</i>	42-54	13	0.08±0.23
<i>Argentina sphyraena</i>	98-450	76	8±19	<i>Diplodus vulgaris</i>	54	100	2
<i>Argyropelecus hemigymnus</i>	328-897	73	0.03±0.05	<i>Echelus myrus</i>	95-97	20	2±4
<i>Arnoglossus imperialis</i>	46-337	10	1±4	<i>Electrona rissoi</i>	445	100	0.02
<i>Arnoglossus laterna</i>	52-181	28	0.3±0.8	<i>Engraulis encrasicolus</i>	54-154	17	30±173
<i>Arnoglossus rueppelii</i>	93-423	66	5±11	<i>Epigonus constanciae</i>	409-615	21	0.05±0.1
<i>Arnoglossus thori</i>	42-97	79	5±9	<i>Epigonus denticulatus</i>	142-896	27	0.1±0.3
<i>Aulopus filamentosus</i>	141-143	25	2±5	<i>Epigonus telescopus</i>	423-752	13	0.1±0.3
<i>Bathypterois mediterraneus</i>	744-897	23	5±18	<i>Epinephelus marginatus</i>	54-54	100	70
<i>Benthocometes robustus</i>	594-754	5	0.001±0.006	<i>Eutelichthys leptochirus</i>	583-746	16	0.01±0.02
<i>Benthoema glaciale</i>	343-756	24	0.03±0.13	<i>Evermannella balbo</i>	693	100	0.03
<i>Blennius ocellaris</i>	42-181	60	2±4	<i>Gadela maraldi</i>	694-746	33	0.01±0.02
<i>Boops boops</i>	46-328	66	87±236	<i>Gadiculus argenteus</i>	151-610	59	43±98
<i>Borostomias antarcticus</i>	585-754	9	0.01±0.05	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	53-664	8	0.01±0.04
<i>Bothus podas</i>	42-90	12	4±17	<i>Glossanodon leioglossus</i>	141-540	51	193±422
<i>Buenia affinis</i>	48	100	1	<i>Gnathophis mystax</i>	97-441	33	1±2
<i>Buenia lombartei</i>	353	100	1	Gobiidae indeterminada	50-270	2	0.002±0.014
<i>Buenia massutii</i>	47-67	50	1±2	<i>Gobius gasteveni</i>	57-58	10	0.02±0.10
<i>Callanthias ruber</i>	95-141	14	0.1±0.5	<i>Gobius roulei</i>	42-58	9	0.03±0.14
<i>Callionymus maculatus</i>	58-270	20	0.1±0.2	<i>Gobius niger</i>	51-60	8	0.01±0.03
<i>Callionymus reticulatus</i>	47-59	10	0.1±0.5	<i>Gymnammodytes cicereus</i>	52	100	0.1
<i>Capros aper</i>	48-615	45	131±403	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	142-754	69	7±12
<i>Carapus acus</i>	50-252	28	0.1±0.1	<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	504-897	76	2±3
<i>Cataetx alleni</i>	747-897	15	0.01±0.04	<i>Hygophum benoiti</i>	356-755	14	0.003±0.01
<i>Centracanthus cirrus</i>	91-258	24	89±487	<i>Hygophum hygomii</i>	355-755	5	0.005±0.026
<i>Centrolophus niger</i>	615-894	20	13±38	<i>Hygophum spp.</i>	359-747	14	0.01±0.01
<i>Cepola macrophthalmia</i>	54-416	32	1±3	<i>Hymenocephalus italicus</i>	409-756	96	2±2
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	356-897	41	0.2±1.5	<i>Lampanyctus crocodilus</i>	351-897	83	10±12
<i>Chauliodus sloani</i>	409-897	56	1±3	<i>Lampanyctus pusillus</i>	445-746	9	0.005±0.022
<i>Chelidonichthys cuculus</i>	70-349	67	23±46	<i>Lepadogaster spp.</i>	58-73	14	0.005±0.012
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	70-74	33	33±71	<i>Lepidion lepidion</i>	653-897	46	1±2
<i>Chelidonichthys obscurus</i>	62	100	3	<i>Lepidopus caudatus</i>	96-752	27	4±25
<i>Chlopsis bicolor</i>	252-253	33	0.1±0.1	<i>Lepidorhombus boscii</i>	94-897	76	7±8
<i>Chlorophthalmus agasizi</i>	250-647	54	10±25	<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	159-669	55	6±10
<i>Citharus linguatula</i>	54-337	59	6±12	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	54-334	70	14±20
<i>Coelorinchus caelorhincus</i>	334-894	40	1±2	<i>Lepidotrigla dieuzeidei</i>	97-540	32	14±34
<i>Conger conger</i>	49-897	27	2±8	<i>Lesueurigobius friesii</i>	74-416	10	0.01±0.05
<i>Coris julis</i>	46-61	31	1±2	<i>Lobianchia dofleini</i>	441-738	22	0.01±0.03
<i>Coryphaena hippurus</i>	47	100	0.03	<i>Lobianchia gemellarii</i>	450-504	100	0.01
<i>Crystalllogobius linearis</i>	71-172	35	0.2±1	<i>Lobianchia spp.</i>	755	100	0.04
<i>Cubiceps gracilis</i>	694	100	0.1	<i>Lophius budegassa</i>	54-749	39	13±27
<i>Dactylopterus volitans</i>	42-62	36	73±181	<i>Lophius piscatorius</i>	46-894	32	13±36
<i>Deltentosteus collonianus</i>	47-73	41	3±12	<i>Macroramphosus scolopax</i>	52-349	41	5±20
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	52-251	91	2±5	<i>Maurolicus muelleri</i>	343-754	20	0.07±0.59

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Melanostigma atlanticum</i>	753-853	18	0.002±0.005
<i>Merluccius merluccius</i>	52-752	89	49±76
<i>Microchirus ocellatus</i>	47-70	30	1±1
<i>Microchirus variegatus</i>	46-432	20	1±3
<i>Microichthys coccoi</i>	591	100	1
<i>Micromesistius poutassou</i>	148-754	50	10±25
<i>Molva dypterygia</i>	166-751	26	0.5±1.4
<i>Molva macrophthalmalma</i>	416-647	6	1±3
<i>Monochirus hispidus</i>	47-61	30	0.5±1.2
<i>Mora moro</i>	447-897	40	7±22
<i>Mullus barbatus</i>	48-173	51	44±322
<i>Mullus surmuletus</i>	42-586	66	18±48
<i>Muraena helena</i>	54	100	12
Myctophidae indeterminada	334-755	12	0.003±0.012
<i>Myctophum punctatum</i>	355-896	20	0.01±0.03
<i>Nemichthys scolopaceus</i>	581-693	12	0.1±0.2
<i>Nettastoma melanurum</i>	583-897	47	1±2
<i>Nezumia aequalis</i>	358-897	76	8±10
<i>Notacanthus bonaparte</i>	447-897	60	0.3±0.6
<i>Notoscopelus elongatus</i>	343-897	30	0.05±0.14
<i>Odondebuena balearica</i>	47-60	10	0.02±0.10
<i>Ophichthus rufus</i>	353-353	100	0.1
<i>Ophisurus serpens</i>	143-250	7	1±3
<i>Pagellus acarne</i>	46-256	21	2±12
<i>Pagellus bogaraveo</i>	95-749	6	0.2±0.7
<i>Pagellus erythrinus</i>	42-99	54	13±23
<i>Pagrus pagrus</i>	50-141	5	1±11
<i>Parablennius tentacularis</i>	47-74	8	0.01±0.04
<i>Paralepis coregonoides</i>	443-710	7	0.01±0.04
<i>Paraliparis murieli</i>	754	100	0.02
<i>Pegusa impar</i>	46-60	17	6±18
<i>Pegusa lascaris</i>	46-50	22	15±35
<i>Peristedion cataphractum</i>	52-686	59	3±5
<i>Phycis blennoides</i>	139-897	79	11±17
<i>Phycis physis</i>	74-141	5	0.1±0.4
<i>Polyacanthonotus rissouanus</i>	447-850	7	0.004±0.017
<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	142-154	9	0.003±0.01

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Pseudaphya ferreri</i>	48-98	4	0.008±0.1
<i>Sardina pilchardus</i>	49-173	28	187±702
<i>Sardinella aurita</i>	46-151	18	5±31
<i>Schedophilus medusophagus</i>	754-754	67	2±2
<i>Scomber japonicus</i>	91-99	7	0.03±0.11
<i>Scomber scombrus</i>	96	100	1
<i>Scorpaena elongata</i>	95-423	22	1±3
<i>Scorpaena loppei</i>	91-181	22	0.3±0.8
<i>Scorpaena notata</i>	42-164	58	14±34
<i>Scorpaena porcus</i>	46-99	68	15±25
<i>Scorpaena scrofa</i>	46-144	74	16±25
<i>Serranus cabrilla</i>	46-170	90	24±31
<i>Serranus hepatus</i>	42-181	95	43±69
<i>Solea</i> spp.	62	100	14
<i>Spicara smaris</i>	42-172	74	350±765
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	46-62	8	1±6
<i>Stomias boa</i>	353-897	72	1±3
<i>Symbolophorus veranyi</i>	442-897	9	0.01±0.02
<i>Symphodus cinereus</i>	46-60	32	1±1
<i>Symphodus mediterraneus</i>	58	100	0.3
<i>Symphurus ligulatus</i>	251-897	35	0.2±0.9
<i>Symphurus nigrescens</i>	84-751	31	0.1±0.4
<i>Synapturichthys kleinii</i>	42-67	53	16±27
<i>Synchiropus phaeton</i>	93-749	53	13±31
<i>Syngnathus acus</i>	46-94	49	1±1
<i>Synodus saurus</i>	42-99	32	19±50
<i>Trachinus draco</i>	42-257	85	28±40
<i>Trachinus radiatus</i>	46-97	12	1±3
<i>Trachurus mediterraneus</i>	42-423	50	41±121
<i>Trachurus picturatus</i>	48-853	18	1±7
<i>Trachurus trachurus</i>	46-749	46	106±700
<i>Trachyrincus scabrurus</i>	584	36	1±2
<i>Trigla lyra</i>	98-540	83	24±57
<i>Trigloporus lastoviza</i>	42-170	55	26±50
<i>Trisopterus minutus</i>	69-253	49	10±33
<i>Uranoscopus scaber</i>	42-257	65	5±6
<i>Xyrichtys novacula</i>	42-69	6	0.2±1
<i>Zeugopterus regius</i>	47-84	11	0.1±0.3
<i>Zeus faber</i>	42-441	76	22±36

Annex II. Espècies capturades amb patí epi-bentònic durant el període 2009-2014 entre 47 i 903 m de profunditat, en els fons circalitorals i batials sedimentaris al voltant l'Arxipèlag de Cabrera. Per a cada una d'elles es mostra el rang batimètric (RB; m) en el que va aparèixer, la freqüència d'ocurrència (F; %) i els valors promig, amb el seu error estàndard associat (\pm SE), de la seva biomassa (B; g/km²) estandarditzades dins d'aquest rang.

Algues Rodòfites

Espècies/Taxons	RB	F	B	Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Botryocladia chiajeana</i>	74	100	4470	<i>Lophocladia lallemandii</i>	52-68	33	462 \pm 1083
<i>Botryocladia madagascariensis</i>	47-76	65	1124 \pm 1533	<i>Meredithia microphylla</i>	52-55	100	3456 \pm 45
<i>Chrysymenia ventricosa</i>	66	100	3197	<i>Neogoniolothon mamillosum</i>	56-68	33	277117 \pm 392226
<i>Chylocladia verticillata</i>	66	100	3197	<i>Neurocaulon foliosum</i>	66-76	38	1357 \pm 1791
Corallinaceae (incrustant) indeterminada	47-95	76	7417952 \pm 12003860	<i>Nitophyllum flabellatum</i>	56	100	2905
<i>Cryptonemia longiarticulata</i>	47-95	43	586 \pm 1231	<i>Nitophyllum tristromaticum</i>	74	100	4470
<i>Cryptonemia tuniformis</i>	47-88	58	622 \pm 1115	<i>Osmundaria volubilis</i>	47-95	81	7434734 \pm 13007220
<i>Cryptopleura ramosa</i>	74	100	4470	<i>Osmundea pelagosae</i>	47-74	60	211678 \pm 679602
<i>Dasya baillouwiana</i>	55-67	57	1867 \pm 1628	<i>Peyssonnelia armorica</i>	56-68	50	900975 \pm 1474743
<i>Dasya penicillata</i>	55-74	30	40435 \pm 118689	<i>Peyssonnelia bornetii</i>	48	100	294
Delesereaceae indeterminada	56-76	25	881 \pm 1563	<i>Peyssonnelia coriacea</i>	52	100	3501
<i>Eupogodon planus</i>	66	100	3197	<i>Peyssonnelia harveyana</i>	48-49	100	288 \pm 6
<i>Eupogodon spinellus</i>	55	100	3411	<i>Peyssonnelia inamoena</i>	47-88	74	1274939 \pm 2423336
<i>Felicinia marginata</i>	47-88	37	110 \pm 146	<i>Peyssonnelia rosamarina</i>	47-76	63	1405831 \pm 2647153
<i>Gloiocladia furcata</i>	47-83	44	63574 \pm 259916	<i>Peyssonnelia rubra</i>	47-76	69	245548 \pm 947678
<i>Gloiocladia microspora</i>	66	100	3197	<i>Phyllophora crispa</i>	47-95	90	11010350 \pm 30202867
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	56-67	50	1610 \pm 1621	<i>Phyllophora herediae</i>	47-83	50	891 \pm 1495
<i>Gracilaria corallicola</i>	47-83	78	129028 \pm 526478	<i>Phymatolithon calcareum</i>	47-83	88	8543658 \pm 12793664
<i>Gracilaria</i> spp.	55	100	3411	<i>Polysiphonia elongata</i>	56	100	2905
<i>Halopithys incurva</i>	52-76	54	168361 \pm 577260	<i>Pterothamnion plumula</i>	66	100	3197
<i>Halymenia elongata</i>	74	100	4470	Rhodophyta indeterminada	56-74	22	820 \pm 1577
<i>Halymenia latifolia</i>	47-88	74	13674 \pm 54983	<i>Rodriguezella bornetii</i>	55	100	3411
Halymeniaceae indeterminada	52-74	36	1312 \pm 1768	<i>Rodriguezella strafforelloi</i>	55-66	100	3304 \pm 107
<i>Irvinea boergesenii</i>	56-74	33	1215 \pm 1757	<i>Rytiplhaea tinctoria</i>	47-88	89	533495 \pm 1799305
<i>Kallymenia feldmannii</i>	74	100	4470	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	66-67	100	3377 \pm 180
<i>Kallymenia requienii</i>	49-83	56	22918 \pm 87070	<i>Sphondylothamnion multifidum</i> f. <i>disticha</i>	66	100	3197 \pm 0
<i>Kallymenia</i> spp.	48-74	50	26074 \pm 92649	<i>Spongites fruticosus</i>	48-95	65	10585443 \pm 33997951
<i>Laurencia obtusa</i>	55-56	100	645253 \pm 641842	<i>Vertebrata byssoides</i>	74	100	4470
<i>Lithophyllum racemus</i>	47-74	86	6324704 \pm 11148903	<i>Vertebrata subulifera</i>	47-74	80	215290 \pm 573319
<i>Lithophyllum stictiforme</i>	47-66	40	20152 \pm 28077	<i>Womersleyella setacea</i>	47-49	100	290 \pm 5
<i>Lithothamnion corallioides</i>	47-88	84	17598835 \pm 36835718	<i>Wrangelia penicillata</i>	55	100	3411
<i>Lithothamnion valens</i>	47-83	89	5209429 \pm 9137420				
<i>Lomentaria</i> spp.	74	100	4470				
<i>Lomentaria subdichotoma</i>	55	100	3411				

Algues Cloròfites

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Caulerpa cylindracea</i>	47	100	294
<i>Codium bursa</i>	47-93	60	4354285±15097454
<i>Derbesia tenuissima</i>	55	100	3411
<i>Flabellia petiolata</i>	47-88	79	4886±15912
<i>Halimeda tuna</i>	55	100	3411
<i>Lychnaete pellucida</i>	66	100	3197

Algues Feofícies

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Aglaozonia chilosa</i>	55-66	33	1101±1559
<i>Arthrocladia villosa</i>	47-74	73	3945951±9424063
<i>Asperococcus bullosus</i>	52-56	67	2135±1529
<i>Carpomitra costata</i>	47-56	43	777482±1904199
<i>Choristocarpus tenellus</i>	66	100	3197
<i>Cutleria chilosa</i>	67	100	3557
<i>Cystoseira montagnei</i> var. <i>compressa</i>	47-70	38	353395±1178708
<i>Dictyopteris lucida</i>	47-88	68	604726±2561696
<i>Dictyota dichotoma</i>	66	100	3197
<i>Dictyota dichotoma</i> var. <i>intricata</i>	47-88	63	4504760±17910462

Crustacis

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Acanthephyra pelagica</i>	862-863	100	255±138
<i>Achaeus cranchii</i>	55-76	17	172±407
<i>Aega</i> sp.	347-903	25	65±138
<i>Aegaeon cataphractus</i>	56-99	50	1457±1922
<i>Aegaeon lacazei</i>	83-903	33	471±1104
<i>Alpheus glaber</i>	88-353	18	84±181
Amphipoda indeterminada	56	100	563
<i>Anapagurus chiroacanthus</i>	48-74	46	569±768
<i>Anapagurus laevis</i>	47-709	50	2056±5755
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>	649	100	3899
<i>Aristeus antennatus</i>	709-897	71	6319±5793
<i>Ascidonia flavomaculata</i>	60	100	56395
<i>Atelecyclus rotundatus</i>	74	100	2235
<i>Athanas nitescens</i>	52-76	15	301±930
<i>Balsia gastii</i>	76	100	408
<i>Boreomysis ártica</i>	254-903	53	107±161
<i>Calocaris macandreae</i>	347-903	92	108±70

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Microdictyon umbilicatum</i>	52-56	100	3272±262
<i>Palmophyllum crassum</i>	74	100	4470
<i>Umbraulva dangeardii</i>	56-76	56	1925±1768
<i>Valonia macrophysa</i>	52-76	54	1955±1838
<i>Valonia</i> spp.	52-95	28	4105±7983

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Dictyota</i> spp.	52-76	43	309340±1110849
Ectocarpaceae indeterminada	52	100	3501
<i>Halopteris filicina</i>	47-88	68	753732±1634083
<i>Halopteris scoparia</i>	55-76	31	166306±453830
<i>Spermatochmus paradoxus</i>	55-56	100	3158±253
<i>Sporochmus pedunculatus</i>	49-74	67	281645±671273
<i>Stictyosiphon adriaticus</i>	47-56	100	1867552±3278358
<i>Zanardinia typus</i>	55	100	3411
<i>Zonaria tournefortii</i>	55	100	3411

Espècies/Taxons	RB	F	B
Caridea indeterminada	56-88	31	3543±8020
<i>Cestopagurus timidus</i>	47	100	117
<i>Chlorotocus crassicornis</i>	266-347	100	744±667
<i>Cymonomus granulatus</i>	860-897	75	37±24
<i>Dardanus arrosor</i>	47-95	90	40920±47047
<i>Dardanus calidus</i>	49	100	29636
<i>Dorhynchus thomsoni</i>	347-903	42	48±83
<i>Dromia personata</i>	55-76	54	10197±22835
<i>Ebalia cranchi</i>	93-99	67	392±353
<i>Ebalia deshayesi</i>	68-88	38	622±890
<i>Ebalia edwardsii</i>	55	100	1364
<i>Ebalia granulosa</i>	280-649	50	29±36
<i>Ebalia nux</i>	353-709	50	85±114
<i>Ebalia tuberosa</i>	48-732	50	9880±21461
<i>Epimeria parasitica</i>	353-745	83	54±50
<i>Ergasticus clouei</i>	254-353	43	220±395
<i>Ethusa mascarone</i>	55-95	53	1078±1569
<i>Eualus occultus</i>	52	100	1750
<i>Eurynome aspera</i>	47-347	71	8841±13597

Espècies/Taxons	RB	F	B	Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Galathea intermedia</i>	52-93	35	508±998	Pandalidae indeterminada	67-74	40	769±1398
<i>Galathea nexa</i>	76-99	29	297±480	<i>Pandalina profunda</i>	254-903	65	294±732
<i>Galathea</i> spp.	48-88	50	1774±3062	<i>Pandalina</i> spp.	74	100	268±0
<i>Galathea strigosa</i>	83	100	4956	<i>Parapenaeus longirostris</i>	254-353	100	8516±8784
Gammaridae indeterminada	52	100	1050	<i>Parthenopoides massena</i>	47-83	67	10278±10704
<i>Gennadas elegans</i>	649-903	100	585±623	<i>Pasiphaea multidentata</i>	709-903	75	3447±4026
<i>Geryon longipes</i>	676-903	67	48531±51230	<i>Pasiphaea sivado</i>	347	100	757
<i>Inachus communissimus</i>	64-83	50	4895±7748	<i>Periclimenes granulatus</i>	353	100	25
<i>Inachus dorsettensis</i>	47-99	91	66864±77869	<i>Periclimenes scriptus</i>	93	100	639
<i>Inachus thoracicus</i>	47-99	77	79293±118496	<i>Philocheras echinulatus</i>	254-863	60	1004±1654
<i>Latreillia elegans</i>	280	100	29	<i>Philocheras sculptus</i>	55-88	75	3195±6303
<i>Liocarcinus bolivari</i>	66	100	3197	<i>Pilumnus spinifer</i>	47-76	65	4904±8403
<i>Liocarcinus corrugatus</i>	49-93	33	1235±3390	<i>Pisa armata</i>	47-76	82	40719±56829
<i>Liocarcinus depurator</i>	74-99	75	13298±17933	<i>Pisa corallina</i>	47	100	44059
<i>Liocarcinus maculatus</i>	56-99	35	1592±2643	<i>Pisa nodipes</i>	49-83	19	3277±9507
<i>Lissa chiragra</i>	55-67	43	10601±13961	<i>Plesionika acanthonotus</i>	649-903	90	3235±3373
<i>Lophogaster typicus</i>	68-732	59	509±840	<i>Plesionika antigai</i>	254-353	86	6378±6000
<i>Macropipus tuberculatus</i>	280-353	100	2345±1999	<i>Plesionika edwardsii</i>	266-353	50	421±493
<i>Macropodia linaresi</i>	55-99	83	3085±4417	<i>Plesionika gigliolii</i>	266-676	67	1128±1837
<i>Macropodia longipes</i>	55-99	22	483±972	<i>Plesionika heterocarpus</i>	265-353	100	10618±6846
<i>Macropodia longirostris</i>	74-95	57	867±1069	<i>Plesionika martia</i>	254-745	42	9648±20476
<i>Macropodia rostrata</i>	47-76	53	4203±9931	<i>Plesionika narval</i>	265-353	40	49±60
<i>Maera schmidtii</i>	732	100	59	<i>Plesionika</i> sp.	732	100	88
<i>Maja crispata</i>	55	100	20466	<i>Polycheles typhlops</i>	347-903	50	1579±1962
<i>Meganocyphanes norvegica</i>	347-897	64	84±102	<i>Pontophilus norvegicus</i>	745-903	60	216±272
<i>Monodaeus couchii</i>	860-897	75	180±119	<i>Pontophilus spinosus</i>	265-860	100	359±225
<i>Munida intermedia</i>	347-732	50	374±521	<i>Processa canaliculata</i>	55-732	63	243±298
<i>Munida rutilanti</i>	266-347	100	2131±2025	<i>Processa nouveli</i>	95	100	579
<i>Munida tenuimana</i>	745-903	100	477±303	<i>Processa</i> spp.	74	100	1452
<i>Mysidopsis</i> sp.	266	100	84	<i>Richardina</i> sp.	347-903	42	56±88
<i>Natanolana borealis</i>	353-863	44	90±154	<i>Scalpellum scalpellum</i>	93-99	67	3547±3648
<i>Nematoscelis megalops</i>	649-863	63	91±99	<i>Scyllarus arctus</i>	353	100	101
<i>Nephrops norvegicus</i>	649	100	5582	<i>Eusergestes arcticus</i>	254-863	40	360±734
Paguridae indeterminada	55-99	39	1218±1840	<i>Sergestes vigilax</i>	860	100	59±0
<i>Paguristes eremita</i>	47-60	38	9985±18289	<i>Sergia robusta</i>	709-903	75	519±586
<i>Pagurus alatus</i>	56-897	18	276±707	<i>Solenocera membranacea</i>	95-347	25	267±666
<i>Pagurus cuanensis</i>	60-70	50	3572±5084	<i>Stylocheiron maximum</i>	903	100	59
<i>Pagurus excavatus</i>	76-93	40	3407±4792	<i>Systemus infelix</i>	897	100	353
<i>Pagurus forbesii</i>	47-76	76	5506±7547	<i>Trischizostoma nicaeense</i>	254-732	18	11±26
<i>Pagurus prideaux</i>	47-93	95	384215±440926	<i>Xantho pilipes</i>	67-76	57	714±758
<i>Palicus caronii</i>	76	100	3191				

Mol·luscs

Espècies/Taxons	RB	F	B	Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Abra longicallus</i>	860-903	60	106±92	<i>Gastropteron rubrum</i>	67	100	3557
<i>Acanthocardia tuberculata</i>	74	100	482780	<i>Gibbula</i> spp.	47	57	4608±7475
<i>Acanthochitona crinita</i>	70	100	565	<i>Hypselodoris</i> spp.	66	100	959
<i>Aequipecten opercularis</i>	55-99	56	282048±1024908	<i>Hypselodoris villafranca</i>	56	100	563
<i>Akera bullata</i>	52	100	189054	<i>Illex coindetii</i>	732	100	42756
<i>Anadara diluvii</i>	76	100	1632	<i>Lima hians</i>	52-76	14	318±916
<i>Anomia ephippium</i>	67	100	14228	<i>Limaria</i> spp.	67	100	24899
<i>Antalis agilis</i>	862-897	67	207±252	<i>Lunatia fusca</i>	254-353	86	794±1020
<i>Aperiovula adriatica</i>	76-99	57	2663±4270	<i>Mimachlamys varia</i>	55-76	46	31437±89217
<i>Aplysia punctata</i>	52	100	98028	<i>Modiolus modiolus</i>	66-67	100	1013±54
<i>Aplysia</i> spp.	52-56	67	57706±53818	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	66-95	42	17226±36975
<i>Aporrhais pespelicani</i>	52-99	89	119541±210561	<i>Nudibranchia</i> indeterminada	52-280	35	2011±4581
<i>Aporrhais serresianus</i>	55-93	43	8310±14081	<i>Octopus vulgaris</i>	47-95	29	73572±146925
<i>Arca noae</i>	52	100	210	Opisthobranchia indeterminada	56-99	40	30721±84682
<i>Arca</i> spp.	83	100	6195	<i>Palliolum incomparabile</i>	83	100	620
<i>Bathyarca philippiana</i>	862-897	100	48±26	<i>Palliolum</i> spp.	52-93	53	3052±6613
Bivalvia indeterminada	47-99	50	9120±16080	<i>Pecten jacobaeus</i>	67	100	7114
<i>Calliostoma granulatum</i>	265-266	100	934±581	<i>Pecten</i> spp.	68	100	46094
<i>Calliostoma</i> spp.	47-74	50	3840±7149	Pectinidae indeterminada	48-83	41	4239±6425
<i>Calliostoma zizyphinum</i>	52-93	75	7130±9941	<i>Philine aperta</i>	353	100	478
<i>Callumbonella suturale</i>	353	100	25	<i>Pleurobranchaea meckeli</i>	68-95	20	8645±24069
<i>Calyptrea chinensis</i>	47-99	64	7043±10335	<i>Pleurobranchus testudinarius</i>	52-76	29	72719±171353
<i>Capulus ungaricus</i>	74	100	13411	Polyplacophora indeterminada	47-74	64	11752±20903
<i>Chlamys bruei</i>	254	100	59	<i>Pseudamussium clavatum</i>	52-83	27	4493±10091
<i>Chlamys</i> spp.	52-95	11	784±3206	<i>Preria hirundo</i>	93-99	67	763±712
<i>Chromodoris luteorosea</i>	74	100	4470	<i>Pteroctopus tetracirrhus</i>	709	100	11941
<i>Clausinella fasciata</i>	55-76	46	15992±33352	<i>Rondeletiola minor</i>	254-347	100	1162±857
<i>Corbula gibba</i>	52-99	40	2255±5667	<i>Rossia macrosoma</i>	265-709	38	289±382
<i>Cuspidaria cuspidata</i>	353-897	100	40±10	<i>Scaphander lignarius</i>	257-676	63	334±514
<i>Cuspidaria rostrata</i>	99-863	38	87±209	<i>Sepia elegans</i>	55-83	50	10654±11512
<i>Cymbulia peronii</i>	76-860	26	321±759	<i>Sepietta neglecta</i>	266	100	505
<i>Delectopecten vitreus</i>	676-897	38	15±21	<i>Sepietta oweniana</i>	48-353	25	1408±3806
<i>Dendrodoris limbata</i>	52	100	7002	Tellinidae indeterminada	83	100	310
<i>Doriopsilla aerolata</i>	52	100	1225	<i>Tethys fimbria</i>	88	100	81321
<i>Doris pseudoargus</i>	52	100	17505	<i>Trivia</i> spp.	47-88	47	847±1336
<i>Echinocardium cordatum</i>	353	100	1333	<i>Trophon echinatus</i>	860-903	80	40±29
<i>Eledone cirrhosa</i>	48-280	40	59177±108191	<i>Turritella communis</i>	52-99	16	2952±7941
<i>Epitonium</i> spp.	353	100	75	<i>Turritella</i> spp.	56-83	42	42690±74755
<i>Fissurella nubecula</i>	67	100	4980	<i>Turritella turbona</i>	52-99	37	20339±44931
Fissurellidae indeterminada	55-76	31	1414±3569	<i>Umbraculum umbraculum</i>	60	100	512682
<i>Fusinus pulchelus</i>	52-99	26	1121±2390	Velutinidae indeterminada	60	100	113156
<i>Fusinus</i> spp.	47-83	44	6719±12861				
Gastropoda indeterminada	47-99	36	1380±3623				

Equinoderms

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Anseropoda placenta</i>	55-95	59	7356±9893
<i>Antedon mediterranea</i>	52-266	36	14585±48101
<i>Astropecten aranciacus</i>	66	100	572325
<i>Astropecten irregularis</i>	95	100	26053
<i>Astropecten spinulosus</i>	52-99	21	5286±19005
<i>Chaetaster longipes</i>	76	100	9574
<i>Cidaris cidaris</i>	48	100	108664
<i>Echinaster sepositus</i>	47-83	94	126872±74821
Echinoidea indeterminada	52-93	47	10059±17821
<i>Gracilechinus acutus</i>	76-265	20	175566±526414
<i>Haclia attenuata</i>	49	100	451602
<i>Holothuria</i> spp.	49-732	10	3649±17102
<i>Leptometra celtica</i>	347	100	56
<i>Luidia ciliaris</i>	60-83	27	57542±122822
<i>Luidia sarsii</i>	353	100	9709
<i>Marthasterias glacialis</i>	76	100	1110560
<i>Molpadia musculus</i>	76	100	2000

Ascidis

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Aplidium conicum</i>	49	100	90320
<i>Aplidium elegans</i>	47-76	65	275498±340585
<i>Aplidium haouarianum</i>	55-76	23	66607±141352
<i>Aplidium nordmanni</i>	48-76	69	72813±160912
<i>Aplidium</i> spp.	56-70	43	3908±4784
<i>Ascidia mentula</i>	47-99	50	461337±944033
<i>Ascidia</i> spp.	74	100	1452
<i>Ascidia virginea</i>	48-99	100	90320
<i>Ascidiaella aspersa</i>	67-99	65	275498±340585
<i>Ascidiaella scabra</i>	47-99	23	66607±141352
<i>Botryllus schlosseri</i>	47-76	69	72813±160912
<i>Ciona intestinalis</i>	76	43	3908±4784
<i>Ciona</i> spp.	47-76	50	461337±944033
<i>Cystodytes dellechiaiei</i>	48-83	100	1452
<i>Diazona violacea</i>	70-99	38	19778±40051
Didemnidae indeterminada	48-99	25	8264±16729
<i>Didemnum maculosum</i>	67-76	50	40002±96633
<i>Eudistoma banyulensis</i>	52-55	65	1030637±1787473
<i>Eudistoma mucosum</i>	55-99	100	65295
<i>Eudistoma tridentatum</i>	56	53	92916±144995
<i>Halocynthia papillosa</i>	49-55	88	356707±1246288

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Ophiocomina nigra</i>	47-55	60	76084±137277
<i>Ophioderma longicauda</i>	49	100	81853
<i>Ophiomyxa pentagona</i>	48-74	21	33861±101153
<i>Ophiopsila aranea</i>	47-70	23	556±1266
<i>Ophiothrix fragilis</i>	76-99	43	16263±35432
<i>Ophiura albida</i>	47-74	53	3746±10862
<i>Ophiura ophiura</i>	47-99	91	165215±236303
<i>Ophiura</i> spp.	93-95	100	352±63
Ophiuroidea indeterminada	48-862	60	4367±21712
<i>Parastichopus regalis</i>	64-265	35	157030±322733
<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	47-83	50	17992±39502
<i>Spatangus purpureus</i>	48-347	37	5228591±20591809
<i>Sphaerechinus granularis</i>	47-76	71	1061086±1888746
<i>Tethyaster subinermis</i>	280	100	55832
<i>Trachythyone elongata</i>	76-99	57	3702±4301

Espècies/Taxons	RB	F	B
<i>Microcosmus claudicans</i>	66	75	91623±106266
<i>Microcosmus polymorphus</i>	55	68	172726±448481
<i>Microcosmus vulgaris</i>	49-99	57	196744±257918
<i>Molgula appendiculata</i>	47	100	22441±1435
<i>Molgula</i> spp.	66-93	17	25508±73002
<i>Phallusia mammillata</i>	47-67	100	43581
<i>Polycarpa mamillaris</i>	47-74	100	90613±59299
<i>Polycarpa tenera</i>	67	100	12789
<i>Polycitor adriaticus</i>	56-74	100	10233
<i>Polycitor crystallinus</i>	67	55	130343±207153
<i>Polycitor</i> spp.	48	50	233984±370804
<i>Polyclinella azemai</i>	55-76	27	784±1821
Polyclinidae indeterminada	52-95	45	244040±499222
<i>Polysyncraton lacazei</i>	74	50	295423±592238
<i>Pseudodistoma cyrnusense</i>	49-76	100	7114
<i>Pyura dura</i>	52	22	25951±48994
<i>Pyura microcosmus</i>	52-76	100	234758
<i>Pyura</i> spp.	64	100	146844
<i>Styela canopus</i>	52-76	31	173045±446677
<i>Synoicum blochmanni</i>	48-68	50	59861±151528

Peixos

Espècie/Taxons	RB	F	B	Espècie/Taxons	RB	F	B
<i>Alepocephalus rostratus</i>	860	100	37408	<i>Lepidion lepidion</i>	862-897	100	2516±1848
<i>Argentina sphyraena</i>	347	100	11220	<i>Lepidorhombus boscii</i>	257-353	100	25192±15816
<i>Argyropelecus hemigymnus</i>	347-863	60	88±111	<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	347	100	54697
<i>Arnoglossus laterna</i>	48-99	43	16540±21086	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	64-280	32	23933±40772
<i>Arnoglossus rueppelii</i>	254-280	100	6575±4784	<i>Lesueurigobius friesii</i>	83-347	64	2544±3919
<i>Arnoglossus thori</i>	47-83	72	43727±55996	<i>Lesueurigobius suerii</i>	93-99	100	48687±4164
<i>Bathypterois mediterraneus</i>	863	100	7258	<i>Lobianchia dofleini</i>	732	100	147
<i>Bellotia apoda</i>	347-862	22	22±41	<i>Lophius piscatorius</i>	347	100	2496
<i>Benthosema glaciale</i>	649-863	50	411±581	<i>Merluccius merluccius</i>	66-265	31	32871±79600
<i>Blennius ocellaris</i>	48-95	60	34896±66292	<i>Microchirus variegatus</i>	48-76	19	22907±48328
<i>Buenia jeffreysii</i>	47-88	58	16079±26877	<i>Mora moro</i>	745-903	50	41634±84908
<i>Callionymus maculatus</i>	88-676	38	564±1722	<i>Mullus barbatus</i>	76	100	156372
<i>Callionymus reticulatus</i>	47-99	23	4797±16066	<i>Nezumia aequalis</i>	745-903	67	10502±8397
<i>Callionymus risso</i>	99	100	343	<i>Notacanthus bonapartei</i>	860-903	60	789±689
<i>Capros aper</i>	254-353	71	8476±11798	<i>Odondebuenia balearica</i>	47-76	31	1256±2910
<i>Carapus acus</i>	64-99	21	7406±15881	<i>Parablennius tentacularis</i>	52-56	67	597±475
<i>Cepola macrophthalmia</i>	83	100	929	<i>Paraliparis leptochirus</i>	732-732	100	118
<i>Chlorophthalmus agassizi</i>	353	100	226	<i>Phycis blennoides</i>	254-903	59	33898±62284
<i>Citharus linguatula</i>	74-99	67	37838±39643	<i>Pseudaphya ferreeri</i>	55-67	29	542±1233
<i>Cyclothone braueri</i>	649-863	63	201±173	<i>Scorpaena elongata</i>	99	100	47108
<i>Deltentosteus collonianus</i>	47-60	50	4939±6275	<i>Scorpaena notata</i>	49-99	30	21108±38452
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	47-74	27	6827±15290	<i>Scorpaena porcus</i>	52-56	67	95229±79526
<i>Diplecogaster bimaculata</i>	48-83	41	1261±2885	<i>Scorpaena scrofa</i>	52-76	100	309349±161065
<i>Dipturus oxyrinchus</i>	353	100	66908	<i>Serranus cabrilla</i>	48-76	44	43273±78758
<i>Gadiculus argenteus</i>	265-709	75	3357±3538	<i>Serranus hepatus</i>	47-99	68	112227±171791
<i>Gaidropsarus biscayensis</i>	257-903	100	782±746	<i>Solea spp.</i>	48	100	587375
<i>Galeus melastomus</i>	649-903	50	21674±28935	<i>Speleogobius llorisi</i>	56-68	50	10163±20712
<i>Glossanodon leioglossus</i>	265-266	100	3788±590	<i>Stomias boa</i>	649-745	80	3860±3907
Gobiidae indeterminada	55-353	32	2705±6920	<i>Symphurus ligulatus</i>	709-903	63	521±595
<i>Gobius cruentatus</i>	49	100	23709	<i>Symphurus nigrescens</i>	257-709	100	3082±4132
<i>Gobius gasteveni</i>	48	43	4238±7853	<i>Synchiropus phaeton</i>	257-347	60	861±1339
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	254-649	100	10879±16298	<i>Syngnathus acus</i>	56	100	30441±28698
<i>Hymenocephalus italicus</i>	649-676	100	3043±2426	<i>Synodus saurus</i>	49	100	112900
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	649-903	100	6907±6384	<i>Trachinus draco</i>	47-95	14	24196±77380
<i>Lampanyctus pusillus</i>	649-745	60	159±276	<i>Trigla lyra</i>	266-280	100	2867±1368
<i>Lebetus guillesti</i>	60	100	19775	<i>Trigloporus lastoviza</i>	47-76	71	97444±148723
				<i>Trisopterus minutus</i>	99	100	167021
				<i>Uranoscopus scaber</i>	76	100	179562
				<i>Vanneaugobius dollfusi</i>	49	100	2823
				<i>Zeus faber</i>	48-67	30	5770±11758

Altres grups

Espècie/Taxons	RB	F	B
<i>Adamsia carciniopados</i>	47-76	94	219971±267077
<i>Alcyonium palmatum</i>	55-76	79	562199±1278994
<i>Aphrodita aculeata</i>	64-99	38	12881±26253
<i>Aurelia aurita</i>	55	100	61397
<i>Axinella</i> spp.	52-76	36	73293±134272
<i>Beania cylindrica</i>	55-67	43	10433±12560
Bryozoa indeterminada	47-99	91	189883±405065
<i>Calliactis parasitica</i>	47-70	77	32937±53853
<i>Caryophyllia</i> spp.	64-95	62	7275±6073
<i>Chelophyes appendiculata</i>	265	100	176
<i>Chondrosia reniformis</i>	52-64	33	30651±52593
<i>Chorizopora brongniartii</i>	67	100	124493
Cnidaria indeterminada	76	100	19148
<i>Dentiporella</i> spp.	55-76	38	40116±64429
<i>Ditrupea arietina</i>	64	100	288
<i>Doliolum</i> sp.	676	100	235
<i>Epizoanthus incrustatus</i>	254-280	100	306±60
<i>Filograna implexa</i>	52-93	18	10736±32386
<i>Filograna</i> spp.	55-76	25	711±1641
<i>Gryphus vitreus</i>	254-903	29	2312±4765
<i>Haliclona</i> spp.	76	100	223389
<i>Hormathia alba</i>	280-897	17	34±90
<i>Hornera</i> spp.	67-99	33	29327±69878
<i>Hyalinoecia tubicola</i>	47-95	57	7445±13224
Hydrozoa indeterminada	64-99	36	13419±25884
<i>Laetmonice hystrix</i>	48-353	94	51404±55466

Espècie/Taxons	RB	F	B
<i>Lanice conchilega</i>	47-83	33	9341±36221
<i>Miniacina miniacea</i>	60-83	27	745±1590
<i>Myriapora truncata</i>	47-76	24	116987±385589
<i>Oscarella lobularis</i>	52-66	29	12917±29113
<i>Oscarella</i> spp.	55	100	27288
<i>Pelagia noctiluca</i>	70-353	18	3968±11547
<i>Pennatula phosphorea</i>	99	100	59956
<i>Pennatula rubra</i>	95-99	100	12992±12703
<i>Periphylla periphylla</i>	745-863	50	119±133
Polychaeta indeterminada	47-863	65	7395±9340
<i>Polymastia tissieri</i>	254-863	27	725±2258
Porifera indeterminada	47-353	83	3275003±9564992
<i>Posidonia oceanica</i>	74	100	729065
<i>Pyrosoma atlanticum</i>	897	100	206
<i>Reteporella</i> spp.	48-99	52	15546±31771
<i>Rhizaxinella pyrifer</i>	266	100	2609
<i>Salpa</i> sp.	862	100	1402
Serpulidae indeterminada	55-56	100	47373±3792
Sigalionidae indeterminada	732	100	59
Sipunculidae indeterminada	74	100	2682
<i>Smittina</i> spp.	67-76	43	2576±3735
<i>Suberites domuncula</i>	47-67	45	151140±226491
<i>Sycon</i> spp.	52	100	1050
<i>Tethya aurantium</i>	49-76	47	65459±114428
<i>Thenea muricata</i>	254-709	90	8297±10661

LA PESCA DE RÒSSEC AL VOLTANT DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

**Beatriz
Guijarro**

**Francesc
Ordines**

**Catalina
Pasqual**

**María
Valls**

**Antoni
Quetglas**

**Enric
Massutí**

Instituto Español de Oceanografía, Centre Oceanogràfic de les Balears, Moll de Ponent s/n, 07015 Palma

enric.massuti@ieo.es

Guijarro, B., Ordines, F., Pasqual, C., Valls, M., Quetglas, A. i Massutí, E. (2020). La pesca de ròssec al voltant de l'arxipèlag de Cabrera. *In: Graü, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.*

RESUM

L'anàlisi de la informació sobre 11.207 dies de pesca de la flota de ròssec de Mallorca entre 2006 i 2014, obtinguda a partir del sistema de localització de vaixells pesquers via satèl·lit i dels fulls de venda diària, ha permès identificar i localitzar les pesqueres al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera, estimar el seu esforç i rendiment pesquer i caracteritzar-hi les comunitats biològiques. Durant aquest període, 18 vaixells de Santanyí i Palma han explotat regularment 8 pesqueres de l'àrea, que el 2006 va concentrar el 20% de l'esforç de la flota de Mallorca (1329 dies de pesca) i dels seus desembarcaments oficials en termes de biomassa (380 t) i valor de primera venda (2.118 milers €). Durant 2014, els valors d'aquestes variables s'han reduït a quasi la meitat, així com la seva importància relativa, malgrat que encara representen el 15% de l'esforç i del rendiment pesquer de Mallorca. A l'àrea d'estudi s'hi desenvolupen les quatre estratègies de pesca de ròssec identificades a les Illes Balears: plataforma costanera, plataforma profunda, talús superior i talús mitjà. La importància de l'esforç i del rendiment pesquer és major per a la flota de Santanyí que per a la de Palma, amb percentatges del 50 i 30%, respectivament. Aquests vaixells també mostren diferències en les pesqueres explotades. Mentre que els de Palma feinegen en el talús superior i mitjà de l'oest de Cabrera i tenen com a espècies objectiu crustacis decàpodes, els de Santanyí exploren la plataforma continental al nord i l'est de l'Arxipèlag i capturen peixos i mol·luscs cefalòpodes.

Paraules clau: *Flota de ròssec; Caixes blaves, Fulls de venda diàries, Esforç pesquer, Desembarcaments, Comunitats explotades, Illes Balears, Mediterrània occidental*

ABSTRACT

The analysis of the information from 11207 fishing days of the bottom trawl fleet of Mallorca between 2006 and 2014, obtained from the Vessel Monitoring System (VMS) and the daily sale bills, has allowed identifying and locating the fishing grounds around the Cabrera Archipelago, estimating its fishing effort and yield and characterizing their biological communities. During this period, 18 vessels of Santanyí and Palma have exploited regularly 8 fisheries in the area, which in 2006 concentrated 20% of the effort of the fleet of Mallorca (1329 fishing days) and of its official landings in terms of biomass (380 t) and value of first sale (2.118 thousand €). During 2014, the values of these variables have been reduced to almost half, as well as their relative importance, although they still represent 15% of the fishing effort and yield of Mallorca. In the study area, the four trawl fishing strategies identified in the Balearic Islands are developed: shallow shelf, deep shelf, upper slope and middle slope. The importance in fishing effort and yield of the fleet of Santanyí is greater than the fleet of Palma, with percentages of 50 and 30%, respectively. These vessels also show differences in the exploited fishing grounds. While the vessels of Palma operate in the upper and middle slope western Cabrera, being crustaceans decapods their target species, those of Santanyí exploit the continental shelf northern and eastern the Archipelago, and capture fish and cephalopods molluscs.

Keywords: *Trawl fleet, Vessel Monitoring System, Daily sale bills, Fishing effort, Landings, Exploited communities, Balearic Islands, western Mediterranean*

INTRODUCCIÓ

La pesca de ròssec de fons és una de les principals pesqueries del Mediterrani (Leonart i Maynou, 2003). La duu a terme la flota amb major capacitat pesquera, que realitza la seva activitat en un rang batimètric ample, des de la plataforma continental (~50 m) fins el talús mitjà (~800 m), i captura una gran diversitat d'espècies (>100) de diversos grups taxonòmics (peixos, crustacis decàpodes i mol·luscs cefalòpodes). L'impacte d'aquesta pesqueria en els ecosistemes bentònics és elevat, tant pel que fa a l'impacte directe de l'art sobre el fons marí, com a l'impacte indirecte, principalment a causa de la poca selectivitat de les xarxes, que provoca que un percentatge important de la captura siguin espècies sense interès comercial o d'individus d'espècies comercials per sota de la talla mínima legal, que no es poden comercialitzar. Això fa que l'índex de rebuig d'aquesta pesqueria sigui alt, principalment a la plataforma continental, on pot arribar al 80% de la biomassa capturada (Ordines *et al.*, 2006; Moranta *et al.*, 2008). L'elevat esforç pesquer exercit per aquesta flota, junt amb el fet de què part important de les seves captures siguin exemplars petits i immadurs, ha resultat en una sobrepesca generalitzada de la pesqueria i dels recursos que explota (Colloca *et al.*, 2013; Vasilakopoulos *et al.*, 2014).

A les Illes Balears, i a Mallorca en particular, la pesca de ròssec es practica des de finals del segle XVIII, però no és fins als anys trenta del segle passat quan aquesta pesqueria es comença a desenvolupar de manera important. Primer en la plataforma continental i des dels anys seixanta en el talús (Oliver, 1983). D'ençà aquesta dècada i fins als anys vuitanta, la flota de ròssec va créixer en número d'embarcacions, per després disminuir progressivament fins a la meitat durant les dues darreres dècades (Quetglas *et al.*, 2013). No obstant això, durant tot el període, aquestes embarcacions van incrementar la potència dels seus motors i, per tant, les dimensions dels arts de pesca. Aquest augment en la capacitat de pesca de la flota de ròssec, va compensar la disminució en el número d'embarcacions. De fet, els desembarcaments d'aquesta flota s'han mantingut relativament estables, al voltant de 1.400 t/any, malgrat la flota hagi passat de 70 a tan sols 28 unitats (Quetglas *et al.*, 2017). Aquestes captures representen el 60% del total dels desembarcaments oficials de la flota pesquera professional de Mallorca, a pesar que la flota de ròssec tan sols representa el 20% en número d'unitats, la qual cosa mostra la major capacitat de pesca d'aquesta flota respecte a les altres flotes d'arts menors, encerclament i palangre.

La pesca és una activitat que s'ha realitzat al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera des de fa molt de temps. De fet, els primers testimonis la situen durant els segles VI-VII (Frontera *et al.*, 1993). No obstant, segons aquest autors, l'esforç pesquer en aquesta àrea va augmentar sobretot a partir dels anys seixanta del segle passat, com a resultat del progressiu esgotament de les pesqueries pròximes als ports de Mallorca, degut a la sobreexplotació, la qual cosa va provocar la cerca de pesqueries més allunyades per part de la flota professional, i també per l'explosió de la pesca recreativa. Aquests mateixos autors assenyalen que les arts de pesca professionals més emprades en aigües de Cabrera són el tremall, el palangre, el jonquiller, la solta, la potera i la fluixa, que utilitza la flota d'arts menors principalment de la Colònia de Sant Jordi i Santanyí o Cala Figuera i la flota de ròssec d'aquest mateix port i de Palma. A aquestes pesqueries s'hi han d'afegir les de flotes provinents de ports de la Península Ibèrica, com la de palangre de superfície, dirigida a la captura d'emperador (García-Barcelona *et al.*, 2010; Báez *et al.*, 2014) i la de nanses de profunditat, que pesca gamba panxuda (García-Rodríguez *et al.*, 2000). En ambdós casos es tracta de pesqueries que es realitzen en àrees relativament allunyades de la costa.

Quan l'any 1991 l'Arxipèlag de Cabrera va ser declarat Parc Nacional, la pesca recreativa i la pesca de ròssec van ser prohibides, mentre que la pesca d'arts menors es va incloure en un pla de gestió pesquera, que regula la seva activitat i la limita respecte a les àrees adjacents de Mallorca. Més recentment, la flota de ròssec, particularment de Santanyí, també va veure reduïda la seva activitat al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. Primer, amb la creació el 2002 de la reserva marina del Migjorn de Mallorca, compresa entre el Cap Blanc, el Parc Nacional Marítim-Terrestre de Cabrera i Cala Figuera (BOIB Núm. 56, de 9 de maig 2002), en la que s'estableix un mes de veda i un horari reduït per a la pesca de ròssec. Després, amb la declaració el 2014 d'una zona protegida de pesca al Fort d'en Moreu, a l'est del Parc (Ordre AAA/1504/2014 i Ordre AAA/1479/2016 que la modifica;

BOE Núm. 194 d'11 d'agost 2014 i BOE Núm. 224 de 16 de setembre 2016, respectivament). Aquesta prohibició és el resultat de la implementació del Reglament Europeu 1967/2006, relatiu a les mesures de gestió per a l'explotació sostenible dels recursos pesquers a la Mar Mediterrània, que declara el maèrl i coral·ligen com a hàbitats protegits i prohibeix la pesca de ròssec en aquests fons.

Malgrat l'anterior, la informació científica sobre l'activitat pesquera a Cabrera i al seu voltant és escassa. S'ha adreçat principalment a l'estudi de la flota d'arts menors en aigües del Parc i, sobretot, a avaluar "l'efecte reserva" (p.ex. Reñones *et al.*, 1997; 2006; 2012). En el present estudi s'avalua l'activitat pesquera de la flota de ròssec al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera durant els anys recents, les comunitats explotades i el rendiment pesquer, a partir d'informació provinent del seguiment de la flota via satèl·lit i de dades sobre els seus desembarcaments oficials. Dues fonts de dades que ens poden proporcionar una informació espai-temporal molt precisa de l'esforç pesquer i les captures. L'objectiu final és estimar aquests dos paràmetres en les pesqueres de Cabrera i comparar-los amb els d'altres pesqueres de Mallorca, per tal de conèixer la seva importància.

MATERIAL I MÈTODES

ESFORÇ PESQUER

El sistema de localització de vaixells pesquers via satèl·lit (en anglès *Vessel Monitoring System*; VMS) consta d'uns dispositius electrònics, les "caixes blaves", que estan instal·lades en els propis vaixells i envien automàticament, i a intervals regulars, dades sobre la seva posició geogràfica i velocitat, entre d'altres, a un satèl·lit, que les transmet a una estació terrestre i aquesta al *Centro de Seguimiento de Pesca* del *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Aquest sistema es va implementar per primera vegada durant els anys noranta en flotes pesqueres de gran altura i, posteriorment, el Reglament Europeu 2371/2002 sobre la conservació i explotació dels recursos pesquers en virtut de la Política Pesquera Comuna, va ampliar l'obligació d'implementar-ho als vaixells d'eslora superior a 18 m a partir de 2004 i als majors de 15 m a partir de 2005.

En compliment d'aquesta normativa, el VMS es va instal·lar en la flota de ròssec que pesca a les Illes Balears. Les primeres embarcacions van ser les dels ports peninsulars incloses en el pla de pesca de ròssec en aigües profundes d'Eivissa i Formentera (Ordre APA/1728/2005) i entre 2001 i 2005 es va anar incorporant progressivament a la flota de ròssec de Mallorca i Menorca. La comparació de les dades VMS amb la informació provinent de llotja i dels diaris de pesca ens suggereix que, d'ençà 2005, podem considerar aquest sistema com a plenament instal·lat en les flotes de ròssec que pesquen a les Illes Balears i, per tant, útil per avaluar l'activitat d'aquestes flotes.

Això ens ha permès cartografiar les principals pesqueres de ròssec al voltant de les Illes Balears (Farriols *et al.*, 2017), mitjançant un procés de: (i) depuració de les dades d'hora, dia, posició geogràfica i velocitat, tenint en compte que la pesca de ròssec en aquesta àrea està permesa de dilluns a divendres entre les 05:00 i les 17:00 i que la velocitat del vaixell durant la pesca efectiva pot oscil·lar entre 2 i 3.5 nusos; (ii) l'assignació d'aquestes dades a una xarxa de punts definida mitjançant una graella de resolució 0.01° i l'estimació dels contorns de densitat amb Matlab R2013a; i finalment (iii) comprovació dels resultats d'aquesta cartografia utilitzant el nostre coneixement sobre les pesqueres de ròssec i, sobretot, delimitació de les pesqueres amb densitat de dades baixa. El resultat d'aquesta cartografia es mostra a la Fig. 1A.

De les prop de 60 pesqueres de ròssec identificades a les Illes Balears, es van seleccionar les 8 que hi ha al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera (Fig. 1B), amb els següents codis: 72 (que correspondria a les pesqueres conegudes amb el nom de Son Serra, Ets Secs, Es Freu i Na Foradada); 73 (Es Fang de Cabrera); 46 (Lluç de Sa Badia), 46 (Sa Barrera); 47 (Sa Gamba de Cabrera); 45 i 99 (Es Rafelar); i 101 (que també correspondria a diverses pesqueres: Na Gosta, Na Rodona i el Fort d'en Moreu). D'un total de 58.595 dies de pesca de la flota de ròssec amb port base a Mallorca durant el període 2006-2014, es van seleccionar 11.207 dies en els quals hi ha dades VMS en les pesqueres seleccionades. Aquests senyals corresponen en un percentatge molt elevat a 5 vaixells de Santanyí

(44%) i altres 10 de Palma (39%; 3 de les quals han canviat de port base durant el període d'estudi), tot i que fins 2012 també hi ha senyals de dos vaixells del Port d'Andratx, que representen el 6% i, de manera més esporàdica i en anys determinats, de 3 vaixells del Port de Sóller i un de Cala Rajada, que representen el 10 i 2%, respectivament.

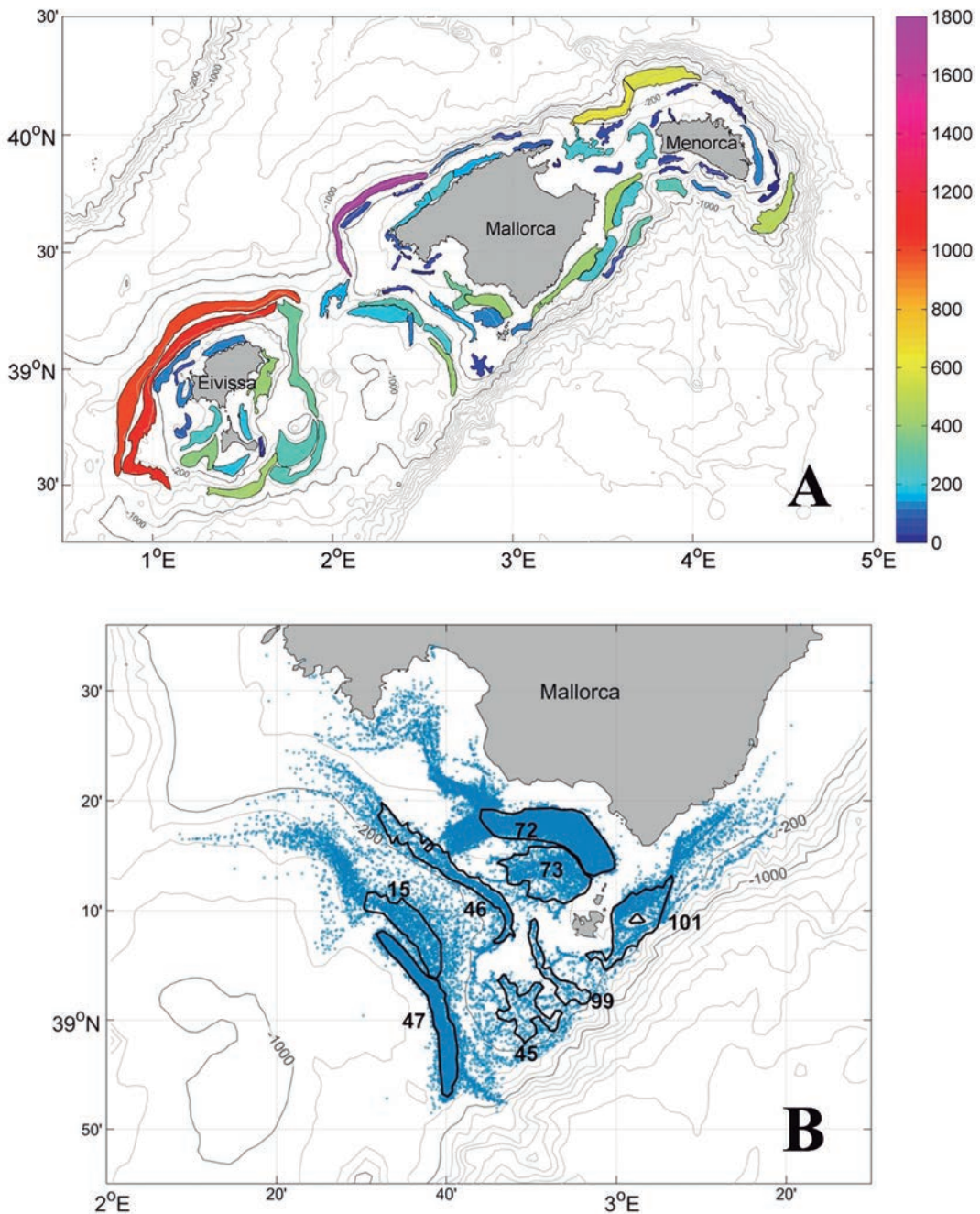


Figura 1. Pesqueres de ròssec cartografiades a partir de la informació del sistema de localització de vaixells pesquers via satèl·lit (VMS) durant el període 2006-2014 al voltant de: A) les Illes Balears, on la intensitat de pesca es representa amb colors diferents i és la mitjana anual de dies de pesca; i B) l'Arxipèlag de Cabrera, on els punts blaus són les dades VMS i les línies negres delimiten les pesqueres, mentre que els números corresponen al codi assignat a cada una de les pesqueres de l'Arxipèlag.

CAPTURES

D'ençà l'any 2000 es disposa dels fulls de venda diària dels vaixells que pertanyen a l'organització de productors pesquers OP Mallorca Mar, on es comercialitzen en subhasta pública les captures de la flota pesquera de Mallorca. En el cas de la flota de ròssec, aquesta comercialització es produeix l'endemà del desembarcament de les captures. En aquests fulls es detallen, per a cada embarcació, els kilograms subhastats per categoria comercial, així com el seu valor de primera venda en euros. Es distingeixen unes 156 categories comercials, que s'han mantingut amb poques variacions durant tot el període d'estudi, que corresponen a espècies o grups d'espècies i, fins i tot, grups de talles d'algunes d'aquestes espècies, la qual cosa ens permet tenir una informació bastant acurada de la composició taxonòmica de les captures diàries per embarcació.

La flota de ròssec de les Illes Balears es caracteritza per la seva polivalència, ja que generalment explota fons de plataforma i talús, fins i tot durant una mateixa jornada de pesca, per a la captura d'espècies diferents (Quetglas *et al.*, 2017). No obstant això, la informació dels fulls de venda diària ens ha permès assignar-les a una o varies de les següents estratègies de pesca, seguint la metodologia desenvolupada per Palmer *et al.* (2009): plataforma costanera (50-100 m de profunditat), plataforma profunda (100-200 m), talús superior (200-500 m) i talús mitjà (500-800 m), amb el moll de roca o moll vermell (*Mullus surmuletus*), el lluç (*Merluccius merluccius*), l'escamarlà (*Nephrops norvegicus*) i la gamba vermella (*Aristeus antennatus*), com a principals espècies objectiu, respectivament, entre moltes altres, especialment en els tres primers estrats batimètrics.

ANÀLISIS DE DADES

Les dades diàries VMS dels vaixells han permès assignar les seves fulles de venda, i per tant les captures, a una o varies pesqueres. D'aquesta manera s'han pogut identificar les estratègies de pesca (plataforma costanera, plataforma profunda, talús superior i talús mitjà) per pesquera i caracteritzar-ne les comunitats demersals explotades per la flota de ròssec. Això s'ha fet estimant la captura per unitat d'esforç (CPUE), en termes de kg per categoria comercial o espècie per dia de pesca. També s'han pogut estimar les captures anuals i el seu valor de primera venda per vaixell i port, així com l'esforç pesquer exercit per obtenir-les, en termes de dies de pesca.

Del total de 11.207 dies de pesca realitzats en les vuit pesqueres identificades en l'àrea d'estudi, s'han eliminat 40 (0.4%) que corresponen a dies als que no se'ls ha pogut assignar una estratègia de pesca. Dels 11.167 dies de pesca analitzats, un 66% (7.374) presentaven registres VMS originats únicament des de les pesqueres seleccionades, mentre que un 34% (3.793) també havien operat fóra d'aquestes pesqueres durant el mateix dia, per la qual cosa se va aplicar una correcció a l'esforç de pesca.

L'assignació de l'esforç pesquer a cada una de les pesqueres de l'àrea d'estudi es va fer tenint en compte el número de pesqueres explotades per dia i assignant a cada dia la fracció corresponent. Els dies en què els vaixells van pescar dins i fora de les pesqueres seleccionades, aquesta estimació es va fer tenint en compte el total de pesqueres explotades durant aquest dia. L'estimació per vaixell del número de dies de pesca en cada pesquera, dins i fora l'àrea d'estudi, va permetre calcular també els percentatges de dies de pesca dels vaixells i les flotes que corresponen a les pesqueres de Cabrera respecte al total de pesqueres de Mallorca.

RESULTATS

ESFORÇ I RENDIMENT PESQUER

En total, s'han identificat 24 vaixells de ròssec que entre 2006 i 2014 van fer almenys un dia de pesca en les vuit pesqueres de ròssec al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. D'aquests, 6 van pescar a l'àrea de manera esporàdica (<20 registres/any), 4 van pescar-hi regularment, però s'han donat de baixa durant aquest període, 8 han pescat durant tot el període (tenint en compte substitucions

d'unes unitats per altres) i els 6 restants han tingut canvis de port base i àrees de pesca o baixes temporals (p.ex. per construcció d'una nova embarcació).

El número de dies de pesca a l'àrea d'estudi s'ha reduït a la meitat durant el període analitzat: de 1.329 en 2006 a 723 en 2014 (Fig. 2). Aquesta reducció també s'ha donat en la importància relativa d'aquests dies de pesca respecte al total de la flota de ròssec de Mallorca, que ha passat del 22% en 2006 al 15% en 2014. Com a conseqüència de la reducció dels dies de pesca, s'han reduït els desembarcaments oficials provinents d'aquestes pesqueres, que han passat de 380 t en 2006 a 186 t en 2014 i el seu valor de primera venda, que ha passat de 2.118 milers € en 2006 a 985 milers € en 2014 (Fig. 2). Estacionalment, el màxim de dies de pesca s'ha detectat durant la primavera (abril-maig) i el mínim a l'estiu (juliol-agost).

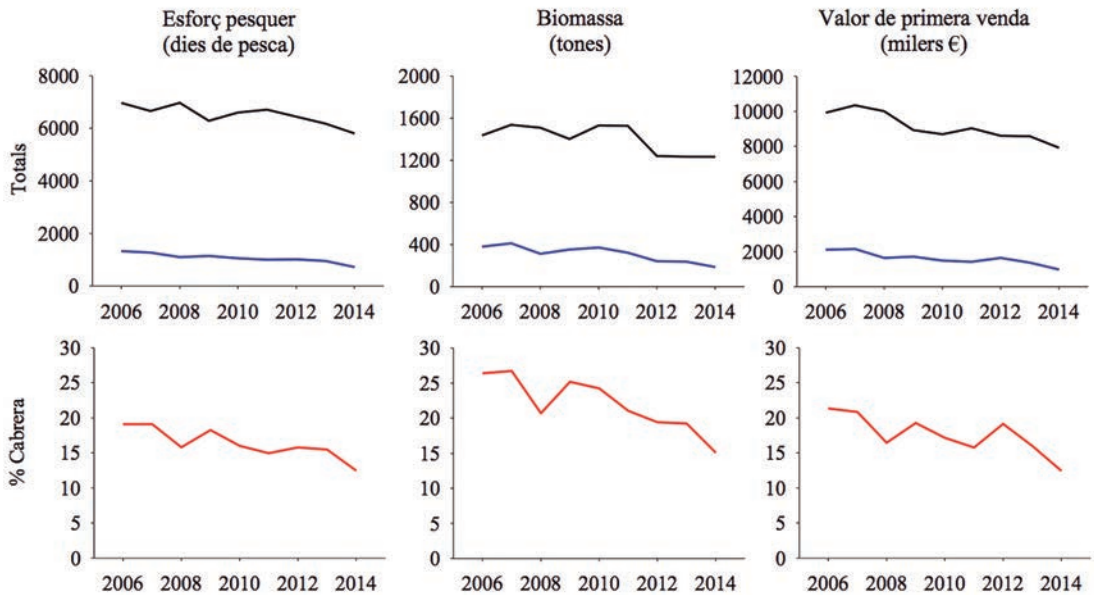


Figura 2. Esforç pesquer (dies de pesca) i desembarcaments oficials anuals, en biomassa i valor de primera venda, de tota la flota de ròssec de Mallorca (línies negres dels gràfics superiors) i de la flota que treballa en les pesqueres al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera (línies blaves dels gràfics superiors), i percentatge que representen aquest esforç i captures respecte al total de la flota de ròssec de Mallorca (gràfics inferiors).

Aquesta mateixa anàlisi feta pels tres ports amb vaixells de ròssec que han operat de manera més o menys regular a l'àrea d'estudi (Fig. 3), ens mostra que la flota que més assíduament treballa en les pesqueres al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera és la de Santanyí. L'esforç pesquer d'aquestes embarcacions, els desembarcaments oficials provinents d'aquestes pesqueres i el seu valor de primera venda també ha disminuït durant el període d'estudi: de 559 dies en 2006 a 336 dies en 2014, de 241 tones en 2006 a 100 tones en 2014 i de 887 milers € en 2006 a 434 milers € en 2014. Una reducció que també s'observa, encara que en menor intensitat i amb alguns repunts, en la importància relativa dels desembarcaments i el seu valor, que passen del 64 al 43% i del 61 al 42%, respectivament. Per contra, la importància relativa de l'esforç pesquer que exerceix la flota de Santanyí a Cabrera s'ha mantingut bastant estable entorn al 55% o, fins i tot, ha augmentat, a excepció del 2014 en què disminuí fins el 42%.

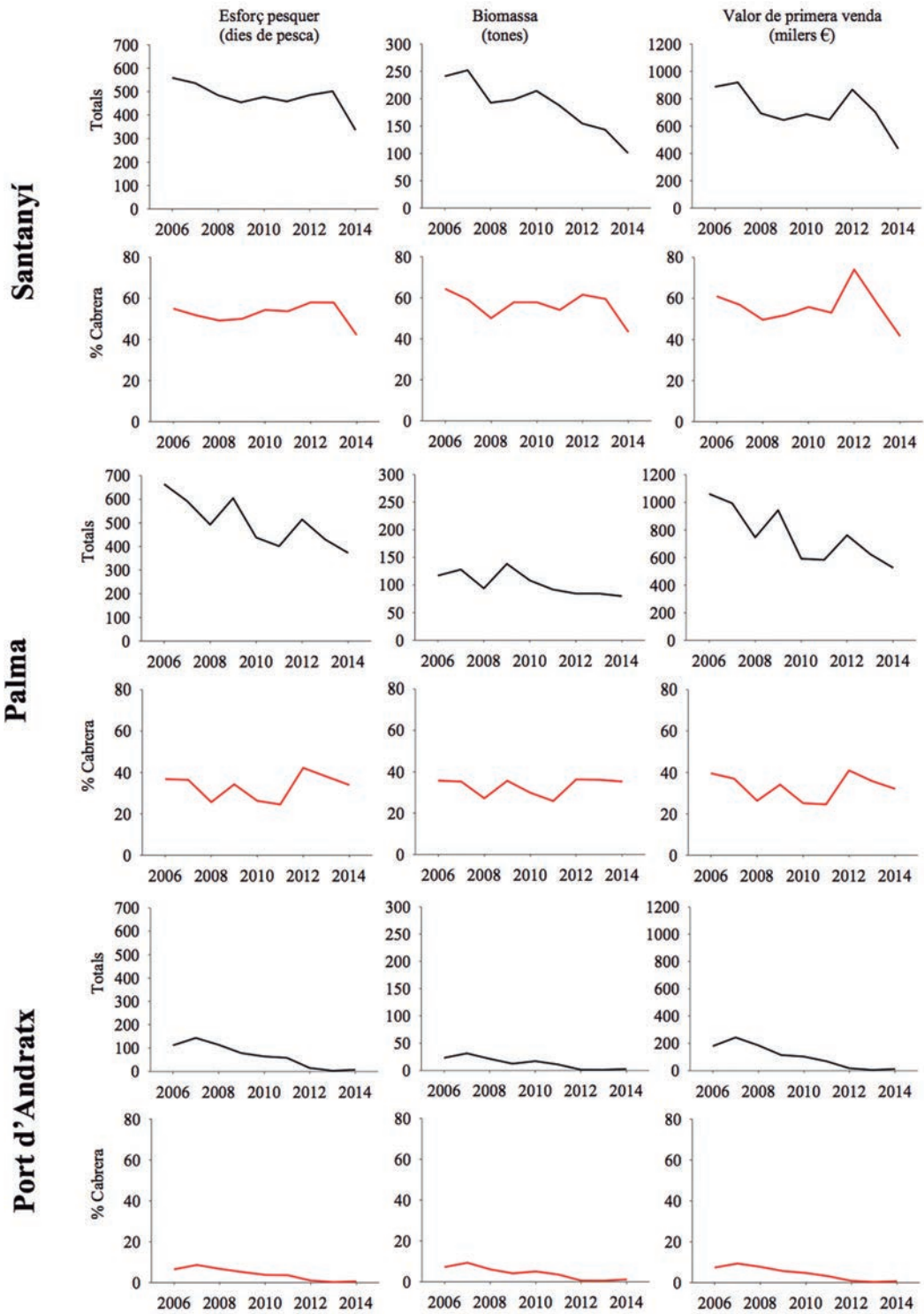


Figura 3. Esforç pesquer (dies de pesca) i desembarcaments oficials anuals, en biomassa i valor de primera venda, de la flota de ròssec de Santanyí (gràfics superiors), Palma (gràfics enmig) i Port d'Andratx (gràfics inferiors) que treballa en les pesqueres al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera i percentatge que representen aquest esforç i captures respecte al total d'aquests ports.

La segona flota de ròssec en importància a l'àrea d'estudi és la de Palma (Fig. 3), que també mostra una reducció del seu esforç pesquer (de 664 dies en 2006 a 373 dies en 2014), els desembarcaments oficials provinents d'aquestes pesqueres (de 117 tones en 2006 a 78 tones en 2014) i el seu valor de primera venda (de 1.061 milers € en 2006 a 526 milers € en 2014). En aquesta flota, no s'observa tendència en la importància relativa de l'esforç pesquer, els desembarcaments oficials provinents d'aquestes pesqueres i el seu valor de primera venda. Per últim, hi ha la flota del Port d'Andratx, que mostra valors molts menors (de 112 dies en 2006 a 7 dies en 2014, de 23 tones en 2006 a 3 tones en 2014 i de 180 milers € en 2006 a 11 milers € en 2014) i una activitat a l'àrea d'estudi que es va donar principalment fins 2011 (Fig. 3).

PESQUERES

En les vuit pesqueres de ròssec al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera s'hi desenvolupen les quatre estratègies de pesca identificades en la flota de les Illes Balears (Taula I): dues corresponen a la plataforma costanera (pesqueres 72 i 101), quatre a la plataforma profunda (pesqueres 45, 46, 73 i 66), una al talús superior (pesquera 72) i una al talús mitjà (pesquera 101). En els desembarcaments provinents de les pesqueres 72 i 101 predominen el pop (*Octopus vulgaris*), la morralla, el gerret (*Spicara smaris*), el moll vermell (*M. surmuletus*) i el gató (*Scyliorhinus canicula*), que representen >75% de la CPUE. La morralla és una categoria comercial composta per una gran varietat de peixos (fins a 60 espècies) de mida petita i mitjana (Ordines, 2015). En la plataforma costanera, les principals espècies són *Chelidonichthys lastoviza*, *Serranus cabrilla*, *Trachinus draco*, *Pagellus erythrinus*, *Scorpaena notata*, *Pagellus acarne*, *Scorpaena porcus* i *Diplodus vulgaris* (Ordines *et al.*, 2006). Els desembarcaments provinents de les pesqueres 45, 46, 73 i 66 són semblants, encara que més diversos i amb algunes espècies diferents. El lluç (*M. merluccius*), el sorell (*Trachurus spp.*), la morralla, que en la plataforma profunda està composta principalment per *S. cabrilla*, *T. draco*, *Chelidonichthys cuculus*, *Lepidotrigla cavillone*, *Citharus linguatula* i *Helicolenus dactylopterus* (Ordines *et al.*, 2006), la rajada (principalment *Leucoraja naevus*, *Raja brachyura* y *Raja clavata*; Ordines *et al.*, 2006) i el gerret són les seves principals categories comercials, que representen >45% de la CPUE. En els desembarcaments provinents de la pesquera 15 hi predominen la maire (*Micromesistius poutassou*), el lluç, l'escamarlà (*N. norvegicus*), la mòllera (*Phycis blennoides*) i la pota/aluda (per la fondària, la principal espècie és *Illex coindetii*; Quetglas *et al.*, 2000; Massutí i Reñones, 2005), mentre que en la pesquera 47 les principals categories comercials són la gamba vermella (*A. antennatus*), el cranc gros (*Geryon longipes*), la moixina (*Galeus malestomus*), la maire i el gambussí, una categoria comercial composta per espècies de crustacis decàpodes dels gèneres *Plesionika* i *Pasiphaea*, principalment *Plesionika martia* (Guijarro, 2012). En ambdues pesqueres del talús (72 i 101), aquestes categories comercials representen ≥70% de la CPUE.

L'evolució temporal de la importància relativa d'aquestes pesqueres en termes d'esforç pesquer, desembarcaments i el seu valor de primera venda (Fig. 4), mostra que les pesqueres de plataforma i talús representen un percentatge semblant (50%) pel que fa a l'esforç pesquer i valor de primera venda dels desembarcaments durant el període 2006-2009, mentre que des de 2010 a 2014 aquests percentatges són diferents (60 vs. 40%, respectivament). Aquestes diferències són degudes, principalment, a les pesqueres de plataforma costanera (72 i 101) i del talús mitjà (47), que augmenten i disminueixen, respectivament la seva contribució relativa durant el període d'estudi (2006-2014). Els desembarcaments provinents de les pesqueres encara mostren majors diferències entre la plataforma i el talús, amb percentatges del 70 i 30%, respectivament.

Taula I. Captura per unitat d'esforç promig (2006-2014; CPUE: kg/dia) de les vint categories comercials més importants per a cadascuna de les pesqueres que explota la flota de ròssec al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera (veure Fig. 1B) i el seu percentatge acumulat (%). S'han considerat només els dies on han pescat amb una única estratègia i en un sola pesquera. Si en la mateixa pesquera hi ha de més d'una estratègia, s'ha agafat la més abundant en número de dies de pesca. PC: plataforma costanera, PP: plataforma profunda, TS: talús superior, TM: talús mitjà.

Pesquera 72			Pesquera 101			Pesquera 45			Pesquera 46		
Estratègia PC			Estratègia PC			Estratègia PP			Estratègia PP		
Dies de pesca 2240			Dies de pesca 246			Dies de pesca 18			Dies de pesca 517		
Categoria comercial	CPUE	%	Categoria comercial	CPUE	%	Categoria comercial	CPUE	%	Categoria comercial	CPUE	%
POP	106,7	29,8	POP	69,5	23,1	RATJADA	46,7	15,1	LLUÇ	89,2	27,6
MORRALLA	67,1	48,6	MORRALLA	66,7	45,2	MORRALLA	44,0	29,3	SORELL	38,1	39,4
GERRET	56,4	64,4	GERRET	37,1	57,5	LLUÇ	40,1	42,2	MORRALLA	27,0	47,7
MOLL VERMELL	35,2	74,2	MOLL VERMELL	30,2	67,6	GERRET	25,3	50,4	RATJADA	24,1	55,2
GATO	13,6	78,0	GATO	18,3	73,6	SORELL	25,0	58,4	GALL	20,2	61,4
CALAMAR	9,8	80,7	RATJADA	14,6	78,5	MOLL VERMELL	21,8	65,5	GERRET	14,6	65,9
CALAMARI	9,1	83,3	CALAMAR	8,1	81,2	ORIOLA	18,7	71,5	MOLL VERMELL	12,9	69,9
SORELL	9,1	85,8	RAP	5,9	83,1	GALL	10,9	75,0	POTA/ALUDA	11,6	73,5
RATJADA	9,0	88,4	SORELL	5,3	84,9	GATO	10,5	78,4	GATO	11,0	76,9
POP BLANC	5,6	89,9	CALAMARI	5,2	86,6	BRUIXA	10,2	81,7	BRUIXA	10,7	80,2
RAP	4,8	91,3	BURRO/ASE	4,8	88,2	CALAMARI	9,4	84,7	ORIOLA	8,0	82,7
SIPIA	3,9	92,4	POP BLANC	4,1	89,5	POLIDO/ULL VERD	7,2	87,0	MOLL BLANC	7,0	84,9
LLUÇ	3,7	93,4	GALL	4,0	90,8	FERRASSA	6,7	89,2	POP	5,9	86,7
VARIAT	3,5	94,4	CAP ROIG	3,8	92,1	POP	5,6	91,0	RAP	5,9	88,5
GALL	3,1	95,3	VARIAT	3,7	93,3	CALAMAR	5,2	92,7	CALAMARI	5,7	90,3
PAGELL	2,2	95,9	FERRASSA	2,8	94,2	RAP	4,2	94,0	CALAMAR	5,1	91,9
CAPELLA	2,0	96,4	SIPIA	2,5	95,0	POTA/ALUDA	3,8	95,2	BESUG/ BESUGO	3,9	93,1
CAP ROIG	1,7	96,9	LLUÇ	2,2	95,8	BURRO/ASE	2,5	96,0	PAGELL	3,1	94,0
MOLL BLANC	1,6	97,4	MOLL BLANC	2,1	96,5	RAFEL	2,1	96,7	POLIDO/ ULL VERD	2,8	94,9
BESUG/ BESUGO	1,5	97,8	MUSSOLA	2,0	97,1	VARIAT	2,0	97,4	POP BLANC	1,9	95,5

Pesquera 73			Pesquera 99			Pesquera 15			Pesquera 47		
Estratègia PP			Estratègia PP			Estratègia TS			Estratègia TM		
Dies de pesca 113			Dies de pesca 10			Dies de pesca 227			Dies de pesca 2545		
Categoria comercial CPUE %			Categoria comercial CPUE %			Categoria comercial CPUE %			Categoria comercial CPUE %		
LLUÇ	83,5	21,2	LLUÇ	69,2	13,7	MAIRE	150,3	47,4	GAMBA ROJA	35,1	35,8
GERRET	57,1	35,8	MORRALLA	66,0	26,8	LLUÇ	22,2	54,5	CRANC Gros	11,8	47,8
SORELL	50,1	48,5	RATJADA	60,9	38,8	ESCAMARLA	21,1	61,1	MOIXINA	9,8	57,8
MORRALLA	47,8	60,7	SORELL	32,7	45,3	MOLLERA	14,8	65,8	MAIRE	8,2	66,3
RATJADA	20,1	65,8	GALL	31,6	51,6	POTA/ALUDA	12,9	69,9	GAMBUSI	7,3	73,7
GATO	15,9	69,8	MOLL VERMELL	26,7	56,9	RAP	12,3	73,7	RAP	5,0	78,8
POP	15,7	73,8	ORIOLA	23,7	61,6	GERRET	11,6	77,4	MOLLERA	4,4	83,3
PELUDA	15,4	77,7	GERRET	23,6	66,3	BRUIXA	8,5	80,1	POTA/ALUDA	4,2	87,6
GALL	15,2	81,6	BRUIXA	21,6	70,5	MOLL VERMELL	7,9	82,6	LLUÇ	3,8	91,5
MOLL VERMELL	10,9	84,4	RAFEL	20,1	74,5	MORRALLA	7,7	85,0	PELEGRI	1,3	92,9
BRUIXA	9,4	86,8	POTA/ALUDA	17,6	78,0	SORELL	5,7	86,8	ESCAMARLA	1,3	94,2
CAPELLA	8,2	88,8	RAP	14,4	80,8	GATO	4,1	88,1	NEGRET/NEGRITO	1,3	95,5
CALAMARI	6,4	90,5	CALAMARI	12,6	83,3	POLIDO/ULL VERD	3,7	89,3	CONGRE	1,0	96,5
POTA/ALUDA	6,0	92,0	GERRET FABIOL	10,2	85,4	GAMBUSI	3,4	90,4	CAVEC	0,7	97,3
CALAMAR	5,8	93,5	POP	9,0	87,1	GAMBA BLANCA	2,8	91,3	GAMBA CARABINER	0,7	98,0
RAP	5,3	94,8	POLIDO/ULL VERD	8,6	88,8	BESUG/BESUGO	2,6	92,1	CANABOTA	0,5	98,5
MOLL BLANC	3,3	95,6	PELUDA	8,1	90,5	RATJADA	2,6	92,9	VARIAT	0,3	98,9
POP BLANC	2,2	96,2	GATO	7,2	91,9	CALAMAR	2,5	93,7	BRUIXA	0,3	99,1
VARIAT	2,0	96,7	VARIAT	6,4	93,2	POP	2,2	94,4	ULLAS	0,2	99,3
CAP ROIG	2,0	97,2	CALAMAR	5,3	94,2	SERRA IMPERIAL	2,1	95,1	SERRA IMPERIAL	0,1	99,4

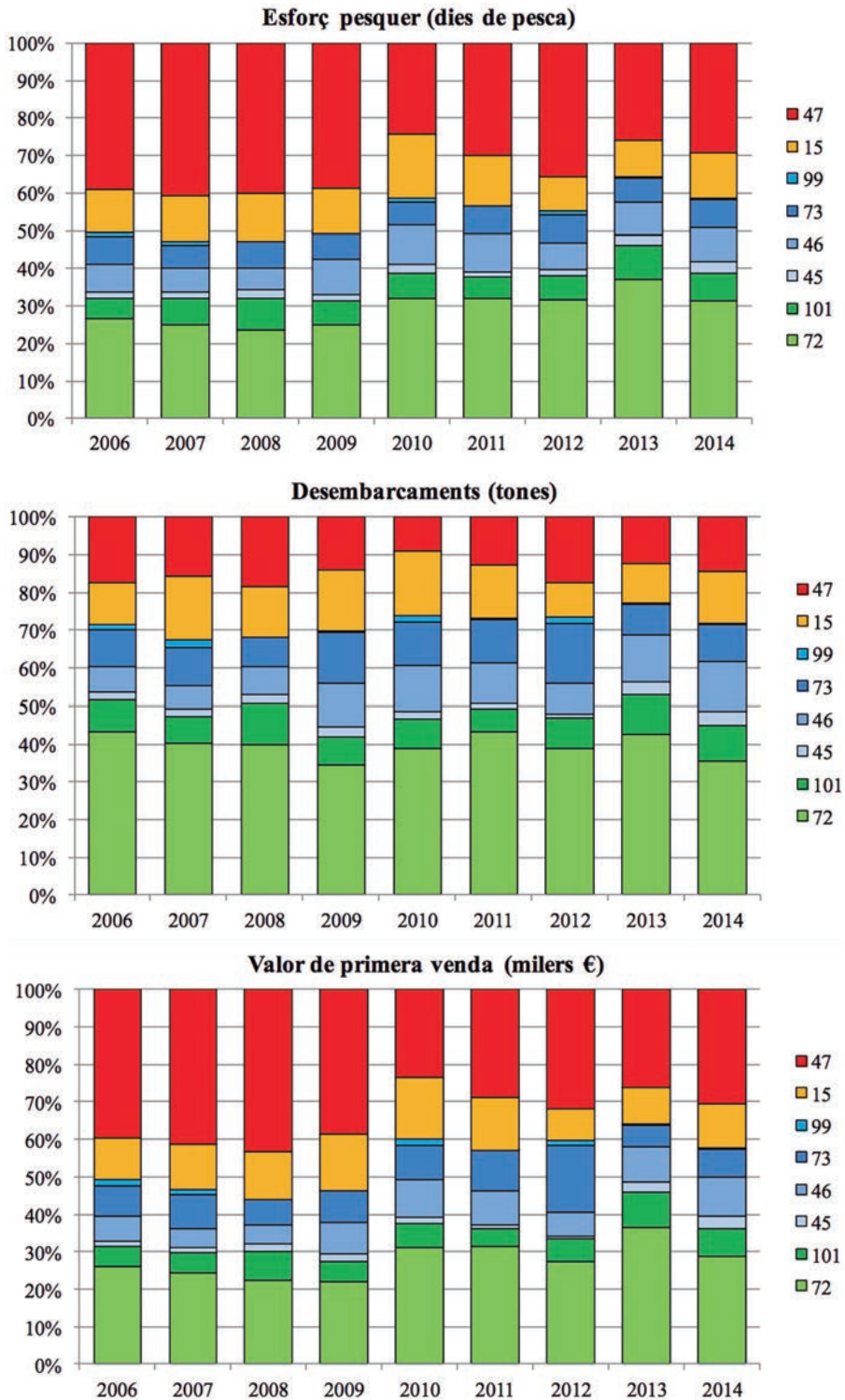


Figura 4. Importància relativa anual de cadascuna de les pesqueres per a la flota de ròssec que pesca al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera, en termes d'esforç pesquer (dies de pesca; gràfic superior) i desembarcaments oficials anuals, en termes de biomassa (tones; gràfic enmig) i valor de primera venda (€; gràfic inferior). Els colors indiquen les estratègies de pesca en cada pesquera: plataforma costanera (verd), plataforma profunda (blau), talús superior (taronja) i talús mitjà (vermell).

L'evolució temporal de la importància relativa de les tres variables analitzades (esforç pesquer, desembarcaments i el seu valor de primera venda) per pesquera i flota, també mostra clares diferències entre ports i algunes tendències temporals (Fig. 5). Les pesqueres 46, 15 i 47, que corresponen a la plataforma profunda, talús superior i talús mitjà a l'oest i sud de Cabrera, respectivament són explotades principalment pels vaixells de Palma, amb valors $\geq 60\%$ per les tres variables, que en les pesqueres de talús augmenten durant els darrers anys (2012-2014) fins valors propers al 100%. Per contra, les pesqueres 72 i 73, que corresponen a la plataforma costanera i profunda del nord de Cabrera, respectivament són explotades per la flota de Santanyi, amb valors $\geq 70\%$ per les tres variables, que en la pesquera 73 mostren certa tendència a disminuir des del 100% a l'inici de la sèrie fins el 85-90% al final. Les pesqueres 101 (plataforma costanera) i 45 i 99 (plataforma profunda) van ser explotades exclusivament per la flota de Santanyi durant tot el període d'estudi i no van mostrar cap tendència en la seva evolució temporal.

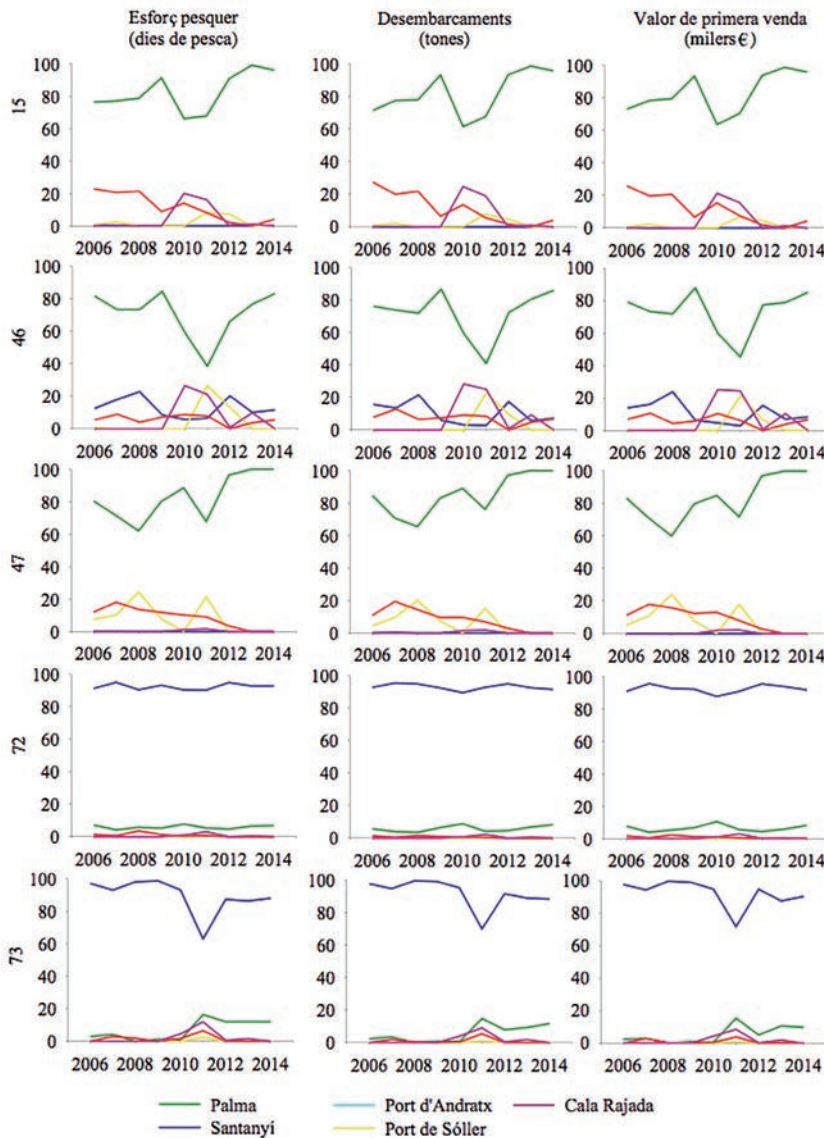


Figura 5. Percentatge d'esforç pesquer (dies de pesca; gràfic esquerra) i desembarcaments oficials anuals, en termes de biomassa (tones; gràfic enmig) i valor de primera venda (€; gràfic dreta), de cada flota de róssec en els caladors al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. El caladors 45, 99 i 101 no es representen, ja que únicament han estat explotats per la flota de Santanyi. Les pesqueres, que es representen pel seu codi, es mostren en la Fig. 1B.

L'evolució temporal de la importància relativa de l'esforç pesquer, els desembarcaments i el seu valor de primera venda per a cada pesquera també s'ha estimat a nivell de flota, pels dos principals ports (Fig. 6). En el cas de Santanyí, la principal pesquera és la 72 ($\geq 60\%$ per les tres variables), seguida per la pesquera 101, també de plataforma costanera i la pesquera 45, de plataforma profunda. Les principals pesqueres per a la flota de Palma són la 47 (talús mitjà), sobretot pel que respecte a l'esforç pesquer i el valor de primera venda dels desembarcaments, amb valors $\geq 60\%$, seguida de les pesqueres 45 (talús superior) i 46 (plataforma profunda), amb valors del 20-40% i 10-20%, respectivament. A nivell de desembarcaments, les pesqueres del talús mostren valors semblants, al voltant del 40%. En cap de les dues flotes analitzades s'han observat tendències temporals al llarg del període d'estudi.

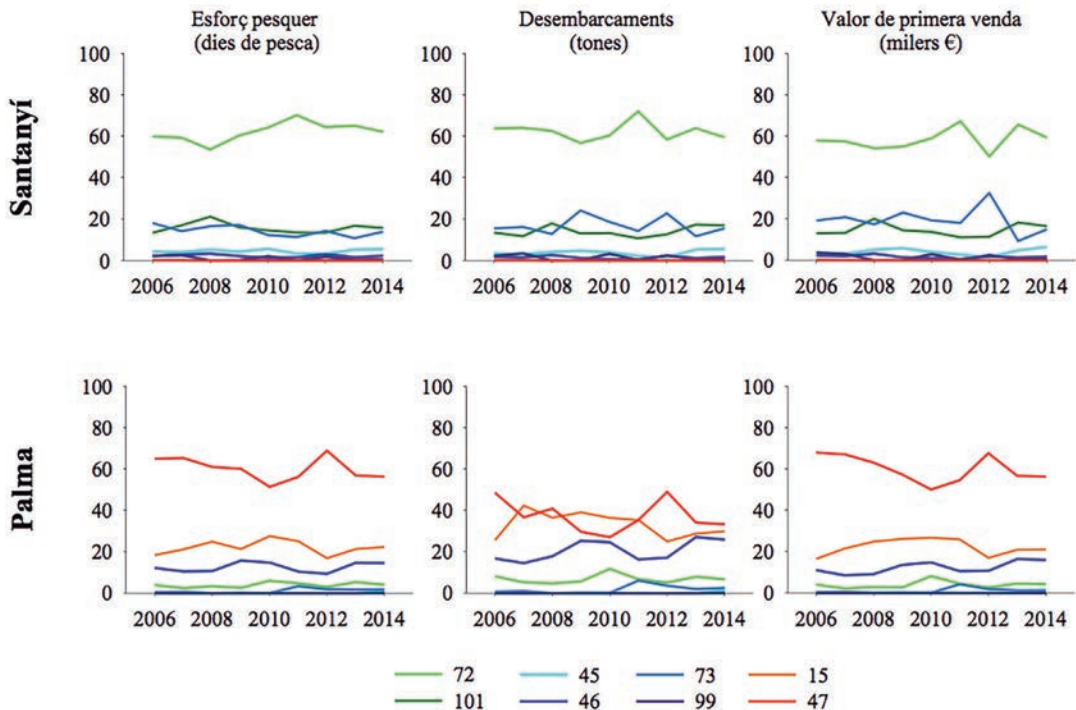


Figura 6. Percentatge d'esforç pesquer (dies de pesca; gràfics esquerra) i desembarcaments oficials anuals, en termes de biomassa (tones; gràfics enmig) i valor de primera venda (€; gràfics dreta), de cada pesquera per les principals flotes de ròssec que pesquen al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera. Els colors indiquen les estratègies de pesca en cada pesquera: plataforma costanera (verd), plataforma profunda (blau), talús superior (taronja) i talús mitjà (vermell). Les pesqueres, que es representen pel seu codi, es mostren en la Fig. 1B.

DISCUSSIÓ

El present estudi contribueix a millorar el coneixement científic sobre la pesca al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera, de la qual fins ara tan sols hi havia informació de la flota d'arts menors (Reñones *et al.*, 2004), palangre de superfície (García-Barcelona *et al.*, 2010; Báez *et al.*, 2014) i nanses de profunditat (García-Rodríguez *et al.*, 2000). La combinació de dues fonts d'informació, com són els fulls de venda diària i les dades provinents del sistema de localització de vaixells pesquers via satèl·lit (VMS), ha permès realitzar una caracterització quantitativa i geo-referenciada no tan sols de la flota de ròssec sinó també de les seves captures i, a més a més, cobrir la totalitat d'embarcacions que la componen i dels seus dies de pesca. Els estudis abans citats es basen en informació provinent de programes de seguiment científic de la flota pesquera mitjançant observadors a bord, un mètode que permet obtenir informació d'una mostra de la flota, que Báez *et al.* (2014) estimen entre el 4 i 5%.

L'aplicació de dades VMS a l'estudi de les pesqueries és recent. S'han emprat principalment per a l'estimació i el cartografiat de l'esforç pesquer i, juntament amb els diaris de pesca, per a la geo-referenciació de les captures (Mills *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010; Gerritsen i Lordan, 2011). En el cas de les Illes Balears, ha permès el cartografiat de les pesqueries de la flota de ròssec (Farriols *et al.*, 2017), però no la geo-referenciació de les seves captures, a causa de la poca fiabilitat d'aquestes dades en els diaris de pesca. A Mallorca, però, com en bona part de la Mediterrània occidental on la pesca de ròssec està sotmesa a una limitació de l'activitat diària com a mesura de gestió de l'esforç (12 hores), i on les captures desembarcades es comercialitzen diàriament a l'Organització de Productors Pesquers OP Mallorca Mar mitjançant un sistema automatitzat i informatitzat de subhasta pública, s'ha demostrat que els fulls de venda que genera aquest sistema, poden ser uns bons substituïts dels diaris de pesca. La seva informació és detallada, ja que per a cada vaixell i dia contenen el pes i valor de primera venda de fins a 232 categories comercials, la majoria de les quals corresponen a taxons d'espècie, gènere o família, malgrat que algunes com la morralla i gambusí, que en el present estudi són importants en les captures desembarcades de les pesqueries de la plataforma continental i el talús, respectivament, estan composades per grups d'espècies i fins i tot de famílies diferents. En ambdós casos però, es disposa d'informació detallada de la seva composició, tant en la plataforma costanera com en la profunda, en les que hi ha algunes espècies diferents, però sobretot diferències en la seva contribució (Ordines, 2015), i també en el talús (Guijarro, 2012).

Malgrat que pels objectius del present estudi, la composició en categories taxonòmiques de les captures desembarcades no ha suposat una limitació, aquesta és una de les desavantatges de la informació provinent dels fulls de venda diària enfront als programes d'observadors científics, que poden aportar dades més detallades sobre les captures, incloent la fracció rebutjada, que en el cas de la plataforma continental de les Illes Balears pot arribar a representar entre el 50 i el 80% de la biomassa capturada, en la franja profunda (principalment peixos i equinoderms) i costanera (principalment algues, equinoderms, ascidis i esponges), respectivament, mentre que en el talús aquest percentatge es redueix fins al 10-20% (Massutí i Reñones, 2005; Ordines *et al.*, 2006; Guijarro i Massutí, 2006; Moranta *et al.*, 2008). No obstant això, a partir d'aquests percentatges de rebuïts per estrat batimètric, i la seva composició en espècies, una informació que també es detalla en els articles abans citats, i tenint en compte que les comunitats necto- i epi-bentòniques al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera han mostrat una estructura i composició molt semblants a les d'altres àrees de les Illes Balears i de la Mediterrània (Massutí *et al.*, 2020), seria possible tenir una estimació bastant aproximada de la biomassa i les espècies que la flota de ròssec extreu anualment en cada una de les pesqueries caracteritzades en el present estudi. Una informació molt rellevant si tenim en compte que aquesta és una de les flotes de pesca amb major impacte en els ecosistemes marins i els seus recursos vius. Per això, el coneixement espai-temporal de la seva dinàmica, així com de les captures, és fonamental per avaluar l'estat d'explotació d'aquests ecosistemes i recursos, i per a la seva gestió.

Les pesqueries al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera són importants per a la flota de ròssec de Mallorca. Durant el període analitzat, han arribat a concentrar fins el 20% de l'esforç pesquer exercit per tota la flota de Mallorca, i dels seus desembarcaments oficials, tant en termes de biomassa com en el seu valor de primera venda. Malgrat que en els anys recents la seva importància ha disminuït, encara representen el 15% d'aquestes variables. Els vaixells de Santanyí i Palma són els que més treballen en aquestes pesqueries. En ambdues flotes també s'ha observat una disminució de la importància relativa d'aquests caladors, però els seus percentatges han sigut i són molt importants, ja que representen al voltant del 50 i 30% dels desembarcaments oficials en termes de biomassa i valor de primera venda, respectivament. Són dues flotes que exploten pesqueries diferents, d'estrats batimètrics distintes i, per tant, amb comunitats biològiques distintes, situades també en zones diferents. Mentre que els vaixells de Palma treballen principalment en les pesqueries del talús superior i mitjà de l'oest de Cabrera, i tenen com a espècies objectiu crustacis decàpodes (gamba vermella *A. antennatus* i escamarlà *Nephrops norvegicus*, respectivament), els de Santanyí es concentren principalment en les pesqueries de la plataforma continental al nord i est de l'Arxipèlag, i exploten exclusivament peixos i mol·luscs cefalòpodes. L'únic estrat batimètric en que ambdues flotes coincideixen és la plataforma profunda, però en aquest cas també exploten pesqueries diferents. Mentre que la flota de Palma feineja a l'oest de Cabrera, la de Santanyí ho fa al nord i sud de l'illa.

Tenint en compte la regulació de l'esforç de la flota de ròssec abans esmentada, la proximitat al port base explica la diferent situació de les pesqueres explotades per ambdues flotes. Les diferències en els estrats batimètrics explotats per cada port responen més a costums i tradicions. A diferència dels vaixells d'altres ports de Mallorca i Menorca, que exploten la plataforma continental i el talús fins i tot durant la mateixa jornada (Palmer *et al.*, 2009), la flota de Santanyí ha treballat tan sols en les pesqueres de la plataforma continental del llevant i sud de Mallorca, des del Canal de Menorca fins al Cap Blanc. Probablement perquè el talús més pròxim a aquest port és molt abrupte i, de fet, forma part de l'escarpament del Baudot, amb pendents de fins a 8° que, en poques milles, connecten les isòbates de 200 i 2000 m i que té també una superfície rugosa, a causa de la incisió de nombrosos petits canons submarins (Acosta *et al.*, 2002). Quan a mitjans del segle passat es van començar a prospectar els fons de talús de les Illes Balears, per tal d'obrir-lo a l'explotació pesquera (Massutí, 1971; Massutí i Oliver, 1975; Oliver, 1983), això no va ser possible en el sud-est de Mallorca, per les raons abans esmentades, ja evidenciades en la primera carta de pesca d'aquesta àrea (Oliver, 1960). Així mateix, la flota de Santanyí tampoc va aprofitar l'obertura de les pesqueres del talús de Cabrera, a l'oest de l'Illa, que han sigut explotades de llavors ençà per la flota de Palma i, fins i tot, del Port d'Andratx, malgrat la distància dels tres ports a aquestes pesqueres és molt similar. Més recentment, el gran desenvolupament tecnològic de la flota de ròssec pel que fa a sistemes de navegació i control dels arts de pesca, ha fet possible que un dels vaixells de Santanyí hagi començat a explotar la pesquera de Son Moro, al talús sud-est de Mallorca, una continuació de la pesquera de gamba de Cala Rajada, al nord-est de Mallorca, que s'explota des de fa dècades (veure Fig. 1).

La recent ampliació del Parc Nacional Marítim-Terrestre de Cabrera (BOE Núm. 43, de 19 de febrer 2019), que implica la prohibició de la pesca de ròssec dins dels nous límits del Parc, afectarà bàsicament a la flota de Santanyí que explota la pesquera de la plataforma costanera 101. Malgrat que aquesta pesquera ha representat entre el 10 i el 20% de l'esforç d'aquesta flota i dels seus desembarcaments en termes de biomassa i preu de primera venda durant el període d'estudi (2006-2014), s'ha de tenir en compte que es tracta d'una àrea en la que primer el 2014 i després el 2016 ja se li havia restringit l'accés, amb la declaració del Fort d'en Moreu com a zona de protecció pesquera, en la que es prohibia la pesca de ròssec. Per tant, aquesta ampliació no suposa un canvi molt substancial en les possibilitats de pesca actuals de la flota de ròssec de Santanyí. Al contrari de la proposta inicial que va elaborar l'ONG conservacionista Oceana (<https://eu.oceana.org/es/node/47477>), que comprometia no tan sols la pesquera 101 a l'est de Cabrera, sinó també part de la pesquera 73 al nord-oest de Cabrera i les pesqueres 99 i 45 al sud. Aquestes quatre pesqueres han arribat a representar entre el 35 i el 40% de l'esforç d'aquesta flota i el seu rendiment durant els primers anys de la sèrie de dades analitzada i, malgrat aquesta proporció ha anat disminuint al llarg dels anys, durant els darrers anys encara representen el 20-30%. Probablement aquest ha estat un dels principals arguments a l'hora de decidir la delimitació final de l'ampliació, davant la manca de coneixement científic suficient sobre el fons marí i les comunitats bentòniques, per a valorar diferents alternatives de zonificació, de cara a millorar l'eficàcia en la protecció dels seus hàbitats i espècies.

Una de les conseqüències d'aquesta recent ampliació serà el desplaçament de l'esforç pesquer exercit fins ara per la flota de Santanyí al Fort d'en Moreu cap a àrees properes, obertes a la pesca de ròssec. Si es tracta de pesqueres de la plataforma costanera, cal tenir en compte la possible presència de fons de maërl, un hàbitat especialment sensible a l'impacte de la pesca i, per això, catalogat com a hàbitat protegit per la normativa pesquera europea. A les Illes Balears, aquests fons són freqüents i en determinades zones podrien ser extensos (Ordines i Massutí, 2009). Per això és necessari, i està encara pendent, cartografiar les biocenosis bentòniques de la plataforma insular, per tal d'implementar el Reglament Europeu 1967/2006 i fer efectiva la seva protecció. L'altra opció és que l'esforç pesquer es desplaci a la plataforma profunda i el talús. En aquest cas, s'ha de tenir en compte que tant el lluç (*M. merluccius*), com l'escamarlà (*N. norvegicus*) i la gamba vermella (*A. antennatus*), els principals recursos explotats per la flota de ròssec en aquests fons, es troben en situació de sobrepesca, fins i tot més acusada que la dels recursos de la plataforma costanera (Quetglas *et al.*, 2017). En el cas concret del lluç, l'elevada sobreexplotació pesquera que mostra aquesta espècie aconsella, fins i tot, gestionar-la amb un pla de recuperació. També hi ha que tenir en compte que la topografia del fons marí de l'Arxipèlag Balear, amb isòbates més properes en

el talús que en la plataforma continental (Acosta *et al.*, 2002), pot fer que aquest esforç pesquer es centri en les pesqueres més estretes del talús a l'oest de Cabrera o al sud-est de Mallorca, augmentant la intensitat d'exploració a la que es veuen sotmesos els seus ecosistemes i recursos de gran profunditat. Un altre aspecte a considerar són les diferències entre ambdues àrees. En el primer cas, és una pesquera que des de fa dècades està sotmesa a una intensa explotació pesquera. Per això, les seves comunitats de peixos s'han vist alterades, com a conseqüència de la substitució de les espècies vulnerables per espècies més adaptades a l'impacte de la pesca (Farriols *et al.*, 2017). En el segon cas, però, es tracta d'ecosistemes que han començat a ser explotats fa pocs anys, de manera esporàdica i amb una baixa intensitat de pesca, per la qual cosa cal esperar que no estiguin tan alterats.

Aquests dilemes posen en evidència que, a l'hora de crear o ampliar una àrea marina protegida, com ara el Parc de Cabrera, és necessari no tan sols valorar les possibles conseqüències que pot tenir en els ecosistemes i la flora i fauna marina, sinó també en les activitats econòmiques com la pesca. I això s'ha de fer també en les àrees adjacents i fins i tot allunyades, que poden veure's afectades i, per tant, serà necessari gestionar. En altres paraules, per a millorar la conservació del medi marí de les Illes Balears, s'ha de fer una gestió integral dels seus ecosistemes i recursos, que no tan sols contempli les àrees marines protegides, com Cabrera, sinó també la implementació d'altres mesures tècniques de gestió en tot l'àmbit marí de l'Arxipèlag.

AGRAÏMENTS

Els autors agraeixen a l'Organització de Productors Pesquers OP Mallorca Mar que ens hagin facilitat els fulls de venda diària durant el període 2000-2014 i a la *Secretaría General de Pesca del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* les dades del sistema de localització de vaixells pesquers via satèl·lit de la flota de ròssec de les Illes Balears. Aquesta recerca ha estat cofinançada per la Unió Europea, mitjançant el Fons Europeu Marítim i de Pesca (FEMP), en el context del *Programa Nacional de recopilación, gestión y uso de datos del sector pesquero y el apoyo al asesoramiento científico en relación con la política pesquera común*.

REFERÈNCIES

- Acosta, J., Canals, M., López-Martínez, J., Muñoz, A., Herranz, P., Urgeles, R., Palomo, C. i Casamor, J.L., 2002. The Balearic Promontory geomorphology (western Mediterranean): morphostructure and active processes. *Geomorphology*, 49(3-4): 177-204.
- Báez, J.C., García-Barcelona, S., Mendoza, M., Ortiz de Urbina, J.M., Real, R. i Macías, D., 2014. Cory's shearwater by-catch in the Mediterranean Spanish commercial longline fishery: implications for management. *Biodiversity and Conservation*, 23: 661-681.
- Colloca, F., Cardinale, M., Maynou, F., Giannoulaki, M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido, J.M. i Fiorentino, F., 2013. Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and Fisheries*, 14: 89-109.
- Farriols, M.T., Ordines, F., Somerfield, P.J., Pasqual, C., Hidalgo, M., Guijarro, B. i Massutí, E., 2017. Bottom trawl impacts on Mediterranean demersal fish diversity: Not so obvious or are we too late? *Continental Shelf Research*, 137: 84-102.
- Frontera, M., Font, A., Forteza, V. i Tomàs, P., 1993. XLVI. Home i natura: Els usos tradicionals del sòl i la pesca. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de L'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 749-762.
- García-Barcelona, S.G., Ortiz de Urbina, J.M., de la Serna, J.M., Alot, E. i Macías, D., 2010. Seabird bycatch in Spanish Mediterranean large pelagic longline fisheries, 2000-2008. *Aquat. Living Resour.*, 23: 363-371.
- García-Rodríguez, M., Esteban, A. i Pérez Gil, J.L., 2000. Considerations on the biology of *Plesionika edwardsi* (Brandt, 1851) (Decapoda, Caridea, Pandalidae) from experimental trap catches in the Spanish western Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 64(4): 369-379.
- Gerritsen, H. i Lordan, C., 2011. Integrating vessel monitoring systems (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution. *ICES Journal of Marine Science*, 68(1): 245-252.
- Guijarro, B., 2012. *Population dynamics and assessment of exploited deep water decapods off Balearic Islands (western Mediterranean): from single to multi-species approach*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Inèdita.
- Guijarro, B. i Massutí, E., 2006. Selectivity of diamond- and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 62: 52-67.
- Lee, J., South, A.B. i Jennings, S., 2010. Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-

- resolution estimates of fishing-effort distributions from vessel monitoring system (VMS) data. *ICES Journal of Marine Science*, 67(6): 1260-1271.
- Leonart, J., i Maynou, F., 2003. Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Scientia Marina*, 67: 37-49.
- Massutí, E. i Reñones, O., 2005. Demersal resource assemblages in the trawl fishing grounds off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 69: 167-181.
- Massutí, E., Valls, M., Ordines, F., Joher, S., Ramón, M., Guijarro, B. i Quetglas, A., 2020. Comunitats necto- i epibentòniques dels fons circularitars i batials sedimentaris al voltant l'Arxipèlag de Cabrera: inventariat, caracterització i evolució temporal. Present Volum, 2020.
- Massutí, M., 1971. El talud continental de las Islas Baleares. Su evolución biocenótica. Evolución de los rendimientos de pesca. Prospecciones pesqueras y tecnología. *Publicaciones Técnicas Dirección General Pesca Marítima*, 9: 13-112.
- Massutí, M. i Oliver, P., 1975. Iniciación al estudio de nuevos fondos de arrastre en el talud continental de las Islas Baleares. *Publicaciones de la Junta de Estudios de Pesca*, 11: 153-167.
- Mills, C.M., Townsend, S.E., Jennings, S., Eastwood, P.D. i Houghton, C.A., 2007. Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data. *ICES Journal of Marine Science*, 64(2): 248-255.
- Moranta, J., Quetglas, A., Massutí, E., Guijarro, B., Ordines, F. i Valls, M., 2008. Research trends on demersal fisheries oceanography in the Mediterranean. In: Mertens, L.P. (ed.). *Biological Oceanography Research Trends*. Nova Science Publishers Inc., Hauppauge (New York): 9-65.
- Oliver, M., 1960. Carta de Pesca de las Baleares. II. Norte de Mallorca y Menorca y este de Mallorca. *Trabajos Instituto Español de Oceanografía*, 29: 1-10.
- Oliver P., 1983. Los recursos pesqueros del Mediterráneo. Primera parte: Mediterráneo Occidental. *Studies and Reviews. General Fisheries Council for the Mediterranean*, 59: 1-141.
- Ordines, F., Massutí, E., Guijarro, B. i Mas, R. 2006. Diamond vs. square mesh codend in a multi-species trawl fishery of the western Mediterranean: effects on catch composition, yield, size selectivity and discards. *Aquatic Living Resources*, 19(4): 329-338.
- Ordines, F. i Massutí, E., 2009. Relationships between macro-epibenthic communities and fish on the shelf grounds of the western Mediterranean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19: 370-383.
- Ordines, F., 2015. *Habitats and nekton-benthic communities of the bottom-trawl fishery developed on the continental shelf of the Balearic Islands*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Inèdita.
- Palmer, M., Quetglas, A., Guijarro, B., Moranta, J., Ordines, F. i Massutí, E., 2009. Performance of artificial neural networks and discriminant analysis in predicting fishing tactics from multispecific fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66 (2): 224-237.
- Quetglas, A., Carbonell, A. i Sánchez, P., 2000. Demersal continental shelf and upper slope cephalopod assemblages from the balearic sea (north-western Mediterranean). Biological aspects of some deep-sea species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50 (6): 739-749.
- Quetglas, A., Ordines, F., Hidalgo, J.M., Monserrat, S., Ruiz, S., Amores, A., Moranta, J. i Massutí, E., 2013. Synchronous combined effects of fishing and climate within a demersal community. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2): 319-328.
- Quetglas, A., Merino, G., González, J., Ordines, F., Garau, A., Grau, A.M., Guijarro, B., Oliver, P. i Massutí, E., 2017. Harvest Strategies for an Ecosystem Approach to Fisheries Management in Western Mediterranean Demersal Fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 4: 1-16.
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J. i Morales-Nin, B., 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Scientia Marina*, 61: 495-506.
- Reñones, O., Goñi, R., Fernández, J.L., Mas, X. i Pozo, M., 2004. Small-scale fisheries in Cabrera Archipelago National Park (W Mediterranean): identification of fishing métiers. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, 37: 426.
- Reñones, O., García, A., Díaz, D., Roldán, E., Stobart, B. i Goñi, R., 2006. Estudio del efecto reserva en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Instituto Español de Oceanografía. COB-RESERVAS, 76 pp.
- Reñones, O., Álvarez-Berasategui, D., Coll, J., Morey, G., Navarro, O., Rueda, L., Grau, A., Stobart, B., Díaz, D., Box, A., Deudero, S., Grau, A.M. i Goñi, R., 2012. Identificación del patrón de movimientos y factores ambientales que determinan la distribución espacial del mero *Epinephelus marginatus* en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: Aplicacions para su conservación. *Proyectos de investigación en parques nacionales*, 2008-2011: 407-430.
- Vasilakopoulos, P., Maravelias, C.D. i Tserpes, G., 2014. The alarming decline of Mediterranean fish stocks. *Current Biology*, 24: 1643-1648.

FONS BLANS PROFUNDS A CABRERA I VOLTANTS

**Ricardo
Aguilar**

Fundación
OCEANA,
Madrid.

**Alberto
Serrano**

IEO.
Centro
Oceanográfico
de Santander

**Silvia
García**

**Helena
Álvarez**

Fundación OCEANA,
Madrid.

**Jorge
Blanco**

raguilar@oceana.org

Aguilar, R., Serrano, A., García, S., Álvarez, H. i Blanco, J. (2020). Fons blans profunds a Cabrera i voltants. *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Durant els últims anys, l'estudi dels fons profunds de Cabrera i de l'entorn circumdant ha aportat nova informació sobre les comunitats més característiques d'aquests fons marins. L'ús de ROVs ha permès explorar fondàries majors que les accessibles amb el busseig autònom i aportar dades noves sobre la distribució "in situ" d'aquests hàbitats i espècies, així com compaginar aquesta informació amb l'existent, procedent d'altres mètodes de mostrejat.

Els fons aquí descrits corresponen als dominats per espècies i sediments característics de la zona de transició entre la franja circalitoral profunda i la batial superior, que van des dels -80 fins els -200 m, una zona intermèdia entre els fons escassament il·luminats i la foscor total. D'entre ells, destaquen els camps de crinoïdeus i braquiòpodes, tant per la seva abundància i extensió com per la seva vulnerabilitat i importància per a la biodiversitat.

També es descriuen fons sedimentaris més profunds, per davall de la zona fòtica, i comunitats característiques dels fangs batials. Aquests fons detrítics alberguen algunes comunitats sensibles, com les formades per plomes de mar, crinoïdeus i braquiòpodes, moltes d'elles configurades per espècies protegides pel Protocol ZEPIM de la Convenció de Barcelona i incloses en el llibre vermell de la UICN.

Alguns dels hàbitats destacats de la franja circalitoral són la continuació de fons sedimentaris més superficials. A majors fondàries, els fons blans són fonamentalment de fangs amb una important bioturbació provocada per una abundant infauna composta majoritàriament per crustacis.

Paraules clau: *Cabrera, Émile Baudot, circalitoral, batial, Leptometra phalangium, Gryphus vitreus*

ABSTRACT

During recent years, the study of the deep seabed in Cabrera and surrounding areas has provided new information about the most characteristic communities of these bottoms. The use of remotely operated vehicles (ROVs) has allowed to explore greater depths than with basic SCUBA diving methods, and to collect new data about the *in situ* distribution of habitats and species thriving in these bottoms, as well as the combination of these data with existing information obtained through other sampling methods.

The bottoms described here are those dominated by species and sediments characteristic of the transition zone between the deep circalittoral and upper bathyal, extending from 80 m to 200 m depth, where there is an intermediate zone between barely lit bottoms and complete darkness. There, fields of crinoids and brachiopods are particularly noteworthy, because of their abundance and extent, as well as their vulnerability and importance for biodiversity.

Shallower sedimentary bottoms from below the photic zone and communities that are characteristics of bathyal muds are also described. These detrital bottoms host some sensitive communities, such as those formed by sea pens, crinoids, and brachiopods. Many of these communities comprise species that are protected under the SPA/BD Protocol of the Barcelona Convention and included on the IUCN Red List.

Some of the key habitats highlighted from the circalittoral zone represent extensions of shallower sedimentary bottoms. At greater depths, soft bottoms are essentially muddy, with significant bioturbation due to abundant infauna composed of numerous crustaceans.

Keywords: *Cabrera, Emile Baudot, circalittoral, bathyal, Leptometra phalangium, Gryphus vitreus*

INTRODUCCIÓ

Els fons profunds de Cabrera i voltants, aquells per davall dels 40-50 m de fondària, solen coincidir amb el començament de la franja circalitoral i la desaparició dels alguers de fanerògames marines i algues fotòfiles. A resultes d'això, tot i que hi viuen moltes algues esciòfiles, els elements animals poden formar comunitats i estructurar els fons.

Els fons blans, habitualment formats per sediments més gruixats a les zones somes i quasi exclusivament per fangs a la franja batial, mostren marcades diferències en la distribució batimètrica de les comunitats i de les espècies característiques depenent de la penetració de la llum. És important tenir en compte que, com és habitual en molts de fons marins —especialment al Mediterrani—, les comunitats se solen disposar en mosaic i rarament ocupen grans extensions monoespecífiques. Així, les diferents comunitats solen alternar-se en les mateixes zones, depenent de la granulometria del substrat i de l'hidrodinamisme. No obstant això, és possible distingir algunes pautes de distribució d'hàbitats i comunitats característiques. Destaquen les zones sedimentàries on es produeixen acumulacions de fulles i rizomes de *Posidonia oceanica*; les zones on les algues esciòfiles poden mantenir comunitats dominants o en clapes; els fons arenosos o arenoso-fangosos on els peixos centracàntids, xucles i/o gerrets, hi construeixen els seus nius; els fons dominats per organismes filtradors com esponges i ascidis, que s'assenten sobre graves i petites pedres o directament en fons durs superficialment coberts de sediment; i les agregacions d'animals sèssils i vàgils en formacions denses, com el braquiòpode *Gryphus vitreus*, el crinoïdeu *Leptometra phalangium* o altres equinoderms, als que es pot afegir la presència d'algunes fàcies d'espècies sèssils especialitzades en aquest tipus de sediments, com els ceriantaris, les anemones d'arena i les plomes de mar.

No es descriuen aquí els fons sedimentaris dominats per algues calcàries lliures (maërl/rodòlits) i peyssoneliàcies, perquè ja es fa en un altre capítol d'aquest llibre.

Per la mateixa raó, tampoc es fa referència en aquest article a altres hàbitats dominats per algues, com les d'*Osmundaria volubilis* i *Laminaria rodriguezii*, que també es presenten sobre fons blans.

Passada la franja circalitoral i les zones de transició del llindar de la plataforma, comença la zona batial, on la llum solar s'ha extingit per complet i els fons fangosos dominen massivament. Tot i això, poden observar-se encara algunes espècies esmentades per al circalitoral. Aquests fons més profunds presenten una marcada influència d'elements geogràfics propers com l'escarpament d'Émile Baudot al sud, el qual aporta un elevat i constant flux de sediments que dificulta la proliferació de fauna sobre el fang, i la zona occidental, amb suaus pendissos i canons amb no gaire aportació de sediment.

Així mateix, l'alta freqüència de pesca d'arrossegament de fons en les zones de menor gradient batimètric ha alterat considerablement les comunitats bentòniques i n'escasseja l'epifauna, tal com també ha estat observat en zones properes (Ordines *et al.*, 2017).

METODOLOGIA

Entre 2006 i 2014, OCEANA va dur a terme sis expedicions, amb una durada total de 49 dies, en els fons profunds del Parc Nacional de Cabrera i l'entorn circumdant, els resultats de les quals es presenten en el present capítol (Fig. 1). Durant aquestes campanyes, es realitzaren més de 100 immersions emprant, per a l'exploració del fons marí, dos models de ROVs diferents. El primer, utilitzat en les expedicions de 2006 i 2008, és un Phantom HD2+2, amb una càmera de 750 TVL, una lent de F1.2 i zoom òptic 1:12. El segon, emprat a partir de 2009, és un Saab Seaeeye Falcon DR ROV equipat amb dues càmeres, una HDV de 480 TVL amb una lent de F1.4 i gran angular, i una altre d'alta definició amb una HDV de 1.080 TLV, una lent de F1.8 A F3.4 i zoom òptic 1:12.

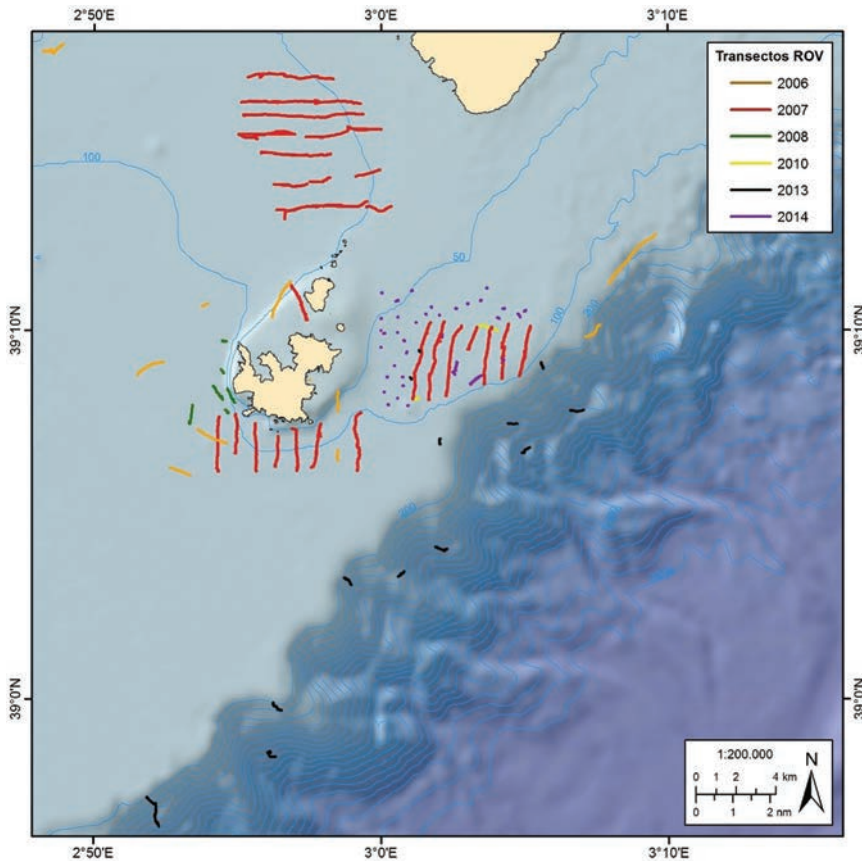


Figura 1. Expedicions d'OCEANA.

Els transectes d'exploració amb ROV es realitzaren seguint la navegació del vaixell, a una velocitat constant de 0,2/0,4 nusos, gravant en baixa i alta resolució i registrant simultàniament geolocalització, fondària, rumb i hora, per a la posterior anàlisi de les imatges. Considerant la velocitat constant del vaixell i que el camp de visió de la càmera es de l'ordre de 1,5/1,75 m d'ample, és possible observar entre 550 i 1.300 m² per hora.

Atès que els transectes realitzats amb ROV pertanyen a projectes i campanyes diferents, les metodologies també ho són, raó per la qual només tindrem en compte el mínim comú denominador a totes elles, essent aquest la distància recorreguda i la superfície observada, així com la identificació d'espècies, fàcies i comunitats trobades. Algunes zones van ser més densament analitzades, com els fons contigus als límits del parc, mentre que en altres llocs els mostrats es realitzaren de forma més dispersa.

En totes elles, la identificació de les espècies s'ha dut a terme mitjançant mètodes visuals, fins al nivell taxonòmic més específic possible. Ocasionalment s'ha procedit a la presa de mostres d'algunes espècies concretes que caracteritzaven les comunitats per identificar-les o verificar-ne la identificació, mitjançant el braç articulat del ROV.

Per a l'anàlisi de probabilitat de presència dels diferents hàbitats, s'ha emprat el software de modelització de distribució d'espècies Maxent a través d'un Sistema d'Informació Geogràfica (GIS). Els paràmetres introduïts en aquest software van ser batimetria, pendent i orientació, així com els albiraments de cadascun dels hàbitats analitzats.

RESULTATS

Com a resultat de les campanyes, s'obtingueren devers 150 hores de filmació, cobrint un àrea total estimada d'uns 176.269 m². Durant aquest recorregut, i després d'una exhaustiva anàlisi posterior de les imatges, s'observaren diferents comunitats en els fons blans de Cabrera i voltants, les quals es descriuen a continuació.

PRINCIPALS COMUNITATS, HÀBITATS I FÀCIES

Fons amb acumulacions de *Posidonia oceanica*

Aquests fons es trobaren principalment dins dels límits del parc, en la seva part centre occidental, entre els 50 i 80 m de fondària (Mapa 2). Es tracta de zones on s'acumulen les fulles i rizomes despresos dels alguers de *Posidonia oceanica*. En ocasions, aquestes restes també arrosseguen altres organismes que, a vegades, poden sobreviure en aquestes fondàries, tals com esponges, briozous i ascidis.

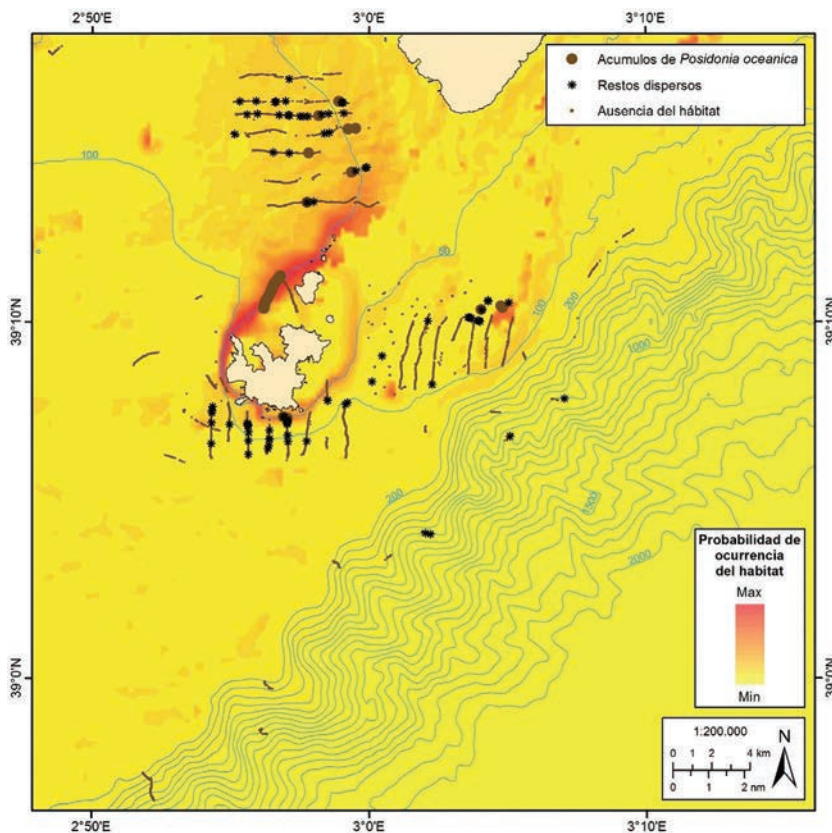


Figura 2. Fons amb acumulacions de *Posidonia oceanica*.

En altres ocasions, en formar-se aquests mantells exportats des de zones costaneres, es genera una tanatocenosi que diferents organismes, tant sèssil com vàgils, aprofiten com a substrat per assentar-s'hi o per cercar recer o zona de posta.

A les acumulacions de restes de posidònia és freqüent trobar-hi espècies com el cap-roig i el captinyós (*Scorpaena scrofa* i *S. notata*), joves lluços (*Merluccius merluccius*) i diferents espècies d'ascidis (*Rhopalaea neapolitana*, *Aplidium* spp.) i de cefalòpodes (*Octopus vulgaris*, *Eledone cirrhosa*, *Loligo vulgaris*).

Altres espècies observades en els fons amb grans acumulacions de restes de posidònia són diferents equinoderms (*Luidia sarsi*, *Centrostephanus longispinus*), crancs ermitans (*Dardanus arrosor*, *Pagurus prideaux*), mans de mort (*Alcyonium palmatum*), cucs tubícoles (*Sabella spallanzanii*), i diversos peixos (*Scyliorhinus canicula*, *Chelidonichthys lastoviza*, *Blennius ocellaris*, *Serranus hepatus*).

Nius de centracàntids (*Spicara* sp.)

Localitzats en la part nord del parc nacional i estenent-se per la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca (Fig. 3), els nius creats per peixos del gènere *Spicara* es distribueixen fonamentalment en fons arenosos detrítics (Fig. 4), podent ocupar també una part de les concrecions coral·lígenes veïnes altament sedimentades. Aquests nius són llocs d'interès per a la posta d'altres espècies comercials, i poden arribar a ser emprats en diferents anys.

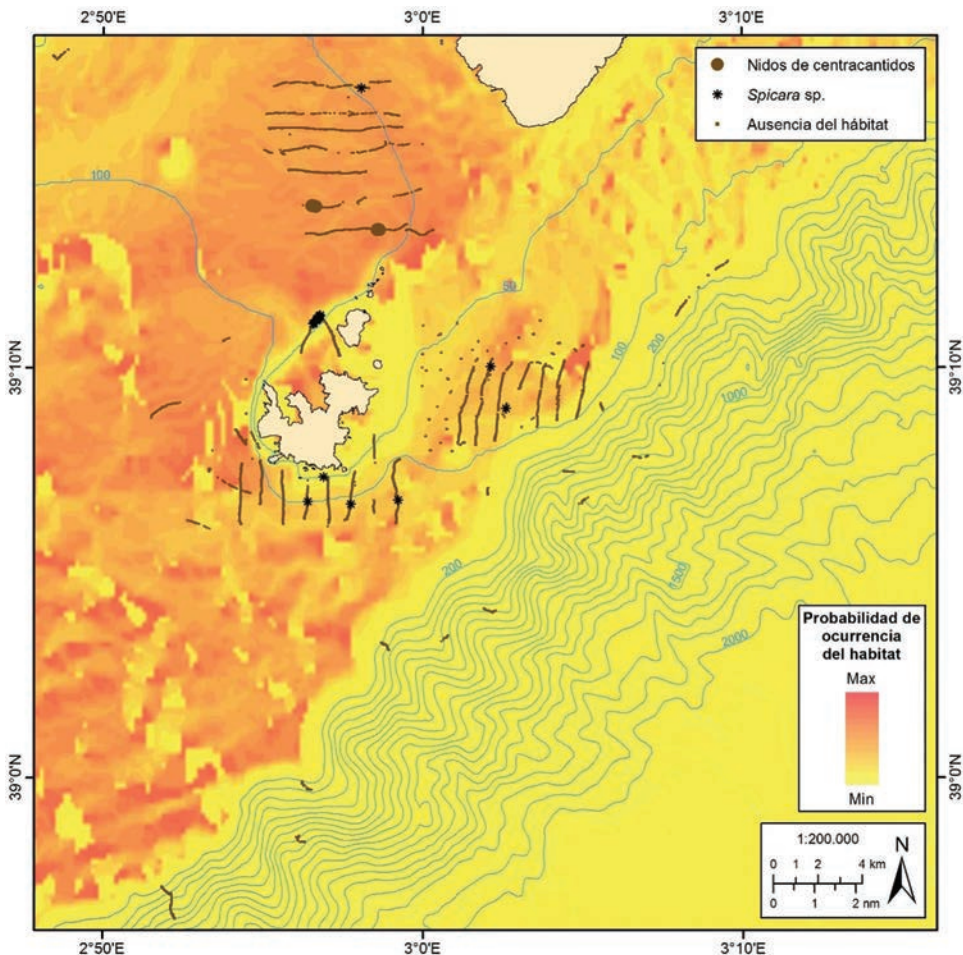


Figura 3. Nius de centracàntids.

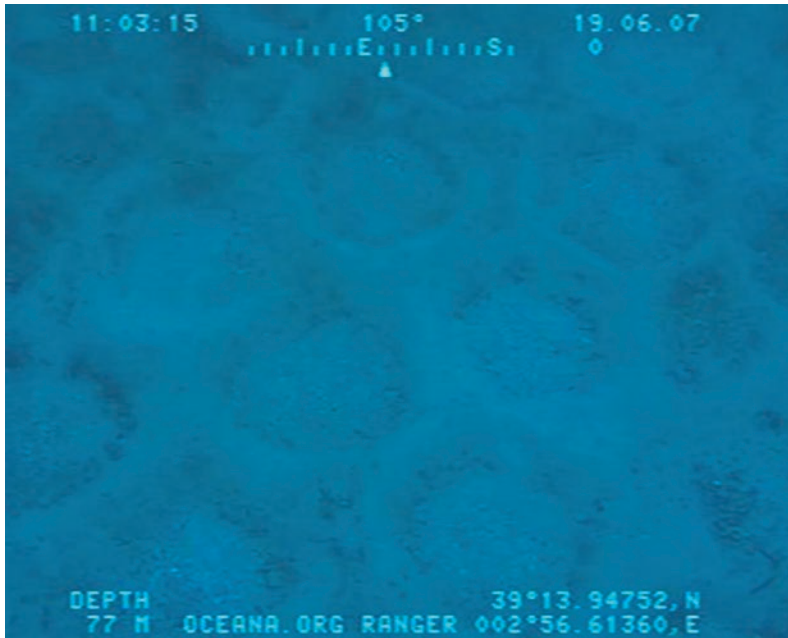


Figura 4. Nius de centracàntids (*Spicara* sp.)

Les bioturbacions provocades per la construcció d'aquests nius generen, per una banda, zones d'acumulació de restes biogèniques com rodòlits, closques o esquelets de briozous en l'interior del niu, permetent l'assentament d'espècies sèssil com briozous e hidrozous i, per altre, petites elevacions de sediments més compactats en els caires, que solen servir per a la fixació d'espècies filtradores com algues sponges.

La majoria de les espècies associades a aquest hàbitat són característiques dels fons blans mixtes o arenosos circumdants, com l'anemone *Andresia partenopea*, la ploma de mar *Pteroeides grisseum*, l'ofiura comuna (*Ophiura ophiura*), l'espardenya *Parastichopus regalis*, la clavellina *Antedon mediterranea*, l'estrella vermella (*Echinaster sepositus*), l'aranya monja (*Trachinus draco*), el gató (*Scyliorhinus canicula*), el gran mol·lusc nudibranqui *Tethys fimbria*, el cuc poliquet *Sabella pavonina* i els crancs ermitans (*Pagurus* spp.).

Fons profunds d'algues esciòfiles

Algunes espècies d'algues esciòfiles es distribueixen en un ampli rang batimètric, podent arribar a formar fàcies importants en fons de fins a 70-80 m de fondària. Algunes espècies d'algues verdes poden ser freqüents a aquestes fondàries, com les caulerpàcies, tant l'autòctona *Caulerpa prolifera*, com la invasora *C. cylindracea*, així com *Flabellia petiolata* i *Codium bursa*. Són més habituals les algues brunes i roges, com *Halopteris filicina*, *Dictyota dichotoma*, *Arthrocladia villosa*, *Nereia filiformis*, *Gloiocladia repens*, *Kallymenia* sp., *Phyllophora crispa*, *Gracilaria* sp., *Osmundaria volubilis*, *Chondracanthus acicularis* i *Chrysymenia* sp., entre d'altres.

Aquestes algues permeten l'acumulació de sediments i detritus on s'assenten diverses espècies, com ascidis, sponges, hidrozous, briozous i altres algues, amb les quals competeixen per l'espai i a les que generen problemes de rebliment i enterrament.

En la zona entre l'illa des Conills i Cabrera es documentaren fons d'algues densos però dispersos, entre els que es trobaren grans quantitats de bous de tinta (*Aplysia depilans*) reproduint-se, així com diferents batoïdeus (*Dasyatis pastinaca*, *Myliobatis aquila*, *Raja undulata*) (Fig. 5).

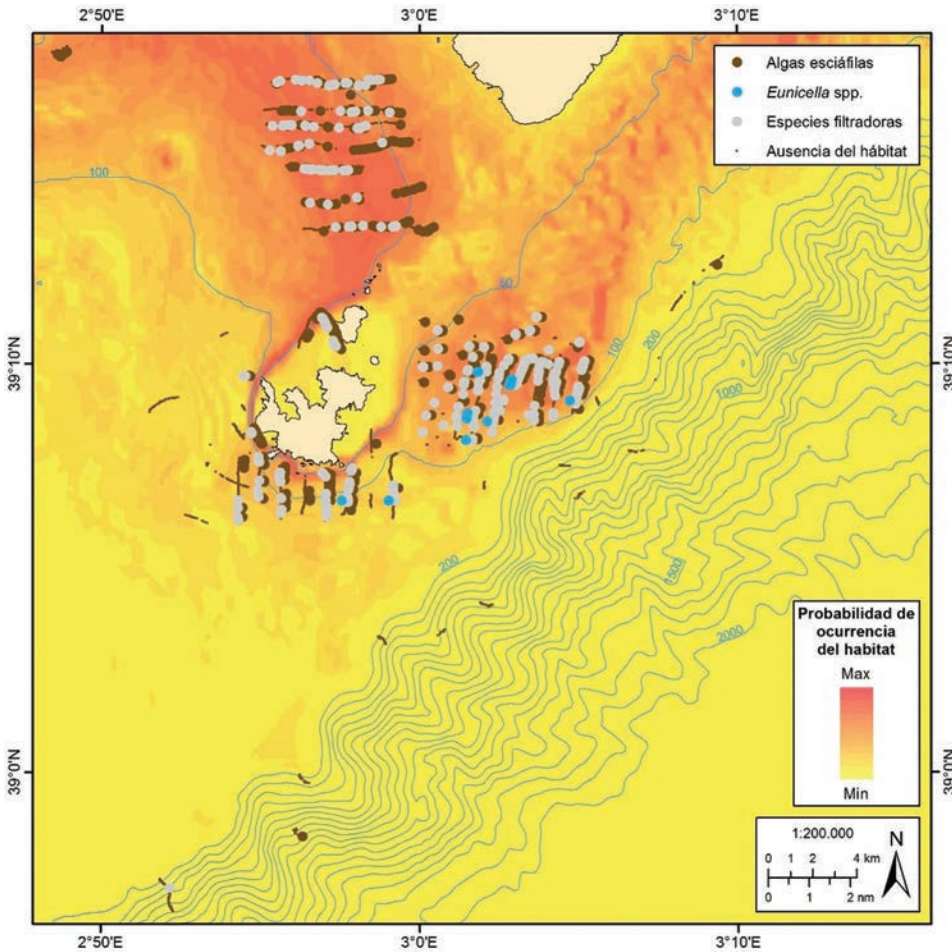


Figura 5. Fons profunds d'algues esciàfiles amb espècies filtradores.

Altres espècies habituals van ser l'esponja *Suberites domuncula*, l'ascidi *Phallusia mamillata*, peixos com les donzelles (*Coris julis*), l'ase (*Dactylopterus volitans*) i el serrà (*Serranus cabrilla*), les estrelles de mar *Luidia ciliaris* i *Echinaster sepositus*, el bogamarí violeta *Spharechinus granularis* o les aranyes de mar *Inachus* spp.

Entre aquestes clapes algals ocasionalment es localitzaren fàcies de la gorgònia *Eunicella verrucosa*, espècie molt més comuna en fons durs. Sí és més freqüent la presència d'altres espècies de gorgònies en fons arenosos, com és el cas d'*Eunicella singularis*, habitual a les properes aigües de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca.

Fons algals profunds amb abundància d'espècies filtradores

Algunes espècies d'esponges i ascidis estan ben adaptades a la vida sobre sediments blans. En moltes ocasions es fixen sobre acumulacions més compactes, com magranes, restes detrítiques, petites pedres o altres substrats durs que poden aparèixer en els fons blans, però també aprofiten els sediments i les restes biològiques que sovint retenen les algues.

Així, és freqüent trobar una gran diversitat d'ascidis, com *Rhopalaea neapolitana*, *Phallusia mamillata*, *Nanoclavella taureanensis*, *Aplidium nordmani*, *A. tabarquensis*, *A. obscurum*, *A. turbinatum* (Fig. 6) i *Pseudodistoma cyrnusense*, i esponges com *Tethya aurantium*, *Axinella polypoides*, *A. verrucosa*, *A. damicornis* i *Haliclona mediterranea* (Fig. 5).



Figura 6. Ascidis (*Aplidium turbinatum*) en fons detrític amb restes algal.

Agregacions de *Leptometra phalangium*

Tot i que aquest crinoïdeu pot presentar-se en gran nombre tant en fons durs com blans, les agregacions de forbiana (*L. phalangium*) són característiques de zones sedimentàries arenoses i detrítiques del límit de plataforma. A Cabrera, és també en la franja batial superior on es troben les majors concentracions de l'equinoderm, arribant a assolir-se densitats de 10-12 individus/m² (Fig. 7).

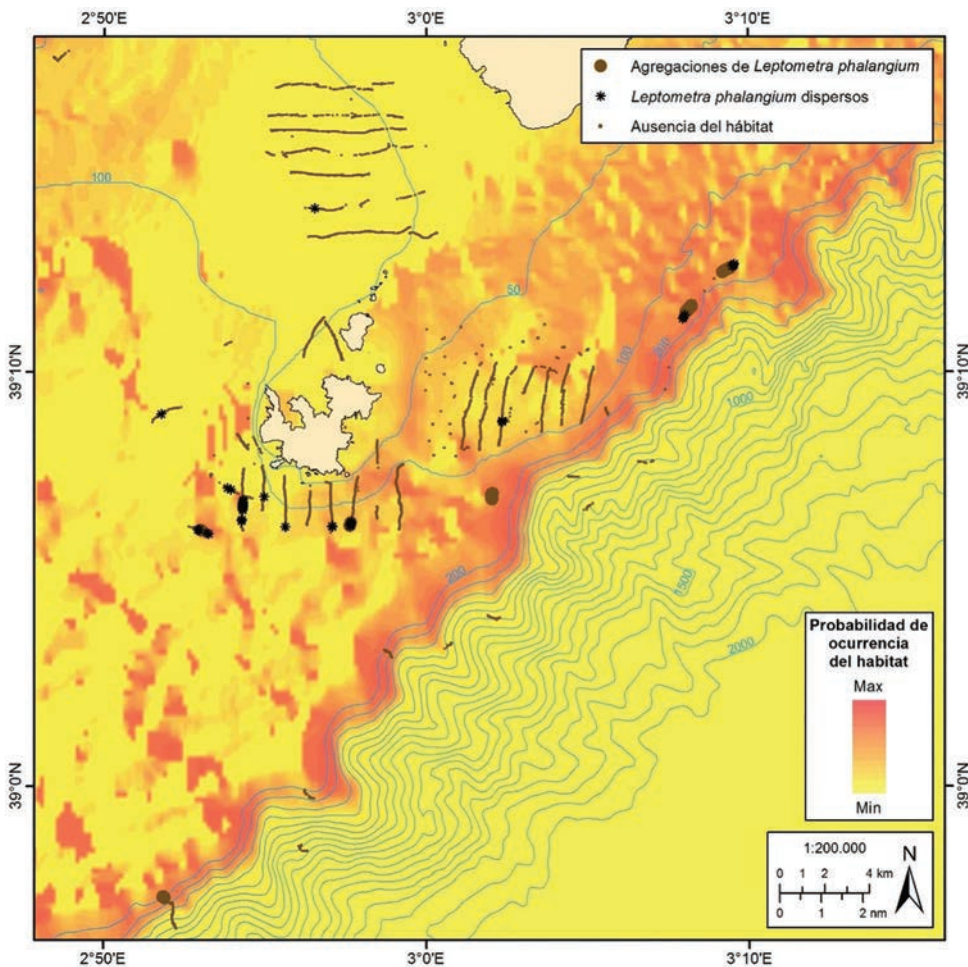


Figura 7. Agregacions de *Leptometra phalangium*.

Aquestes agregacions estan catalogades com a hàbitats essencials (Mangano *et al.*, 2010; Colloca *et al.*, 2004) i es considera que són importants per a espècies comercials com el lluç o el moll i d'altres, com el xavo (*Capros aper*) (Fig. 8), que juguen un important paper en les cadenes tròfiques en ser presa habitual d'espècies de tant d'interès com els túnids (Battaglia *et al.*, 2012), a més d'albergar una gran diversitat d'altres espècies (Gofas *et al.*, 2014).

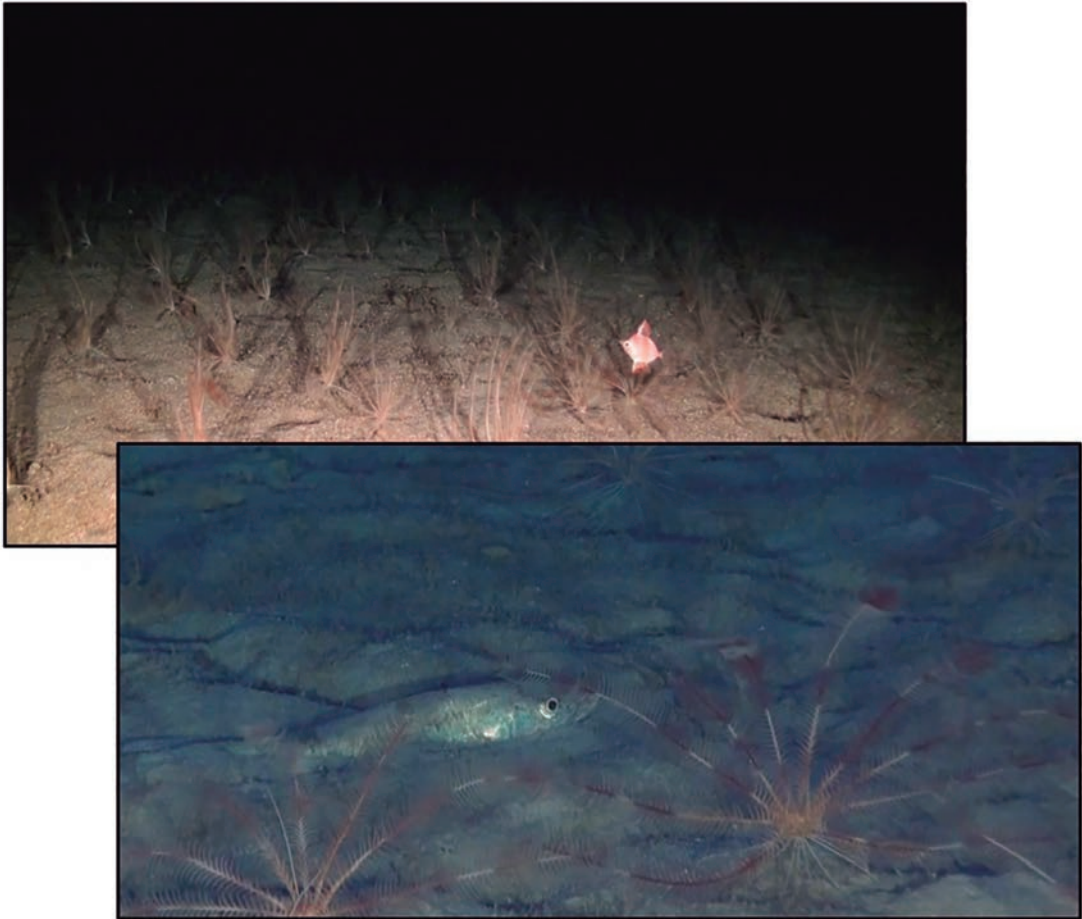


Figura 8. Camp de *Leptometra phalangium* (arriba) i *Merluccius merluccius* entre els crinoïdeus (baix).

Agregacions de *Gryphus vitreus*

Aquest braquiòpode també pot formar grans agregacions en fons detrítics i fangosos entre els 120 i els 275 m de fondària, presentant-se de forma més dispersa fins als 450 m (Fig. 9). Als voltants de Cabrera es troben principalment en zones del límit de plataforma, just abans de l'escarpament d'Émile Baudot. Solen localitzar-se a més fondària que les agregacions de *L. phalangium*, però són també força comunes les associacions mixtes amb aquest crinoïdeu, creant facies de transició entre ambdues comunitats.

Com les de *L. phalangium*, les agregacions de *Gryphus vitreus* també són considerades rellevants per a espècies comercials i s'han descrit com importants per a l'alimentació de la llagosta blanca (*Palinurus mauritanicus*) (Delance i Emig, 2004) (Fig. 10). Al sud de Cabrera s'assoleixen densitats de 50-60 individus/m².

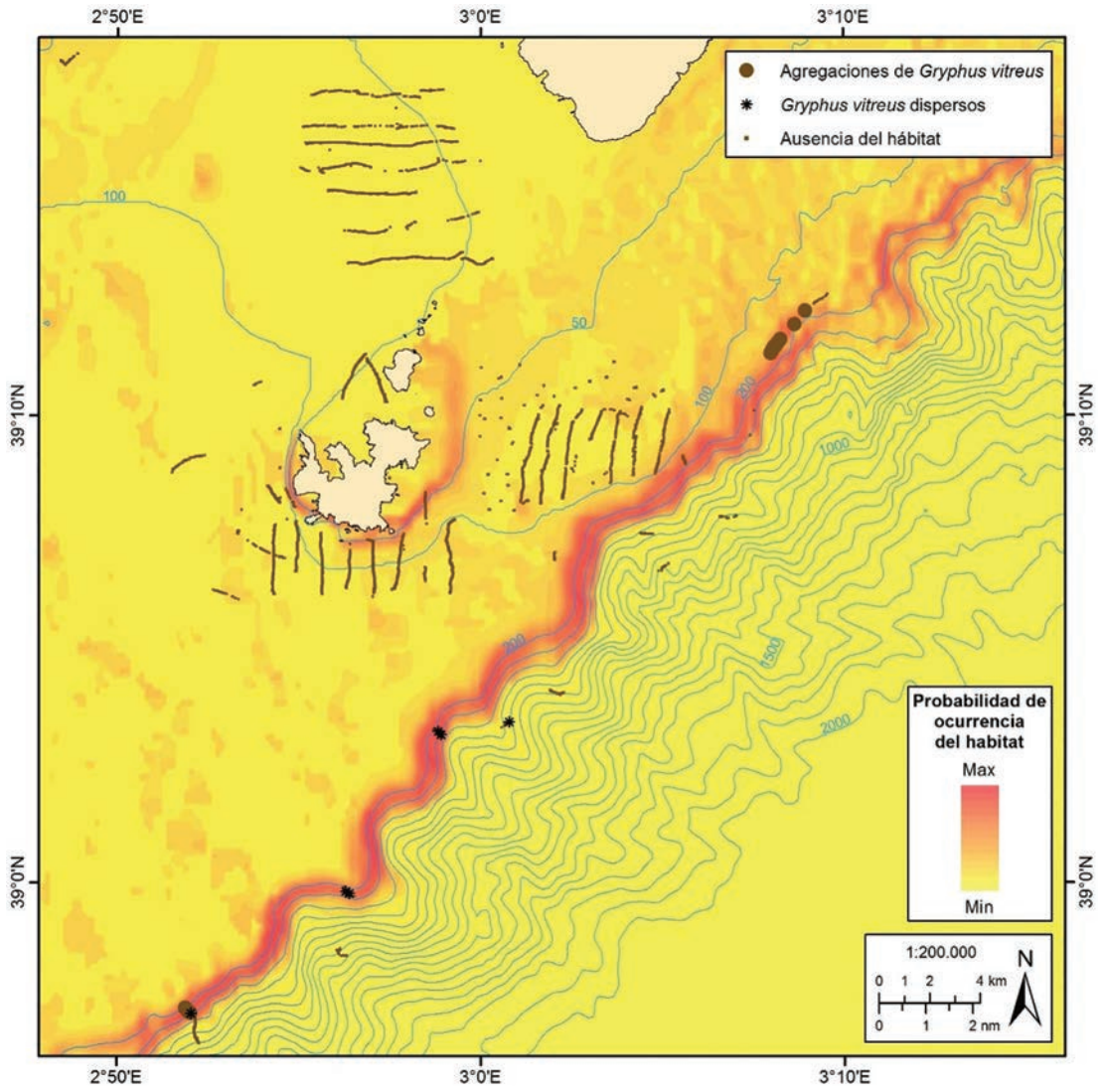


Figura 9. Agregacions de *Gryphus vitreus*.



Figura 10. *Palinurus mauritanicus* i camp de *Gryphus vitreus*.

Agregacions d'ofiuures

Les majors agregacions trobades a Cabrera van ser d'*Ophiothrix quinquemaculata*, amb densitats que podien superar els 20-30 individus/m² en fondàries d'entre 100 i 105 m. Altres espècies amb concentracions importants van ser *Ophiocomina nigra*, *Ophiopsila aranea* i, en menor mesura, *Ophiura*, sempre en fons circalitorals, majoritàriament al sud de Cabrera i algunes en la zona nord (Fig. 11).

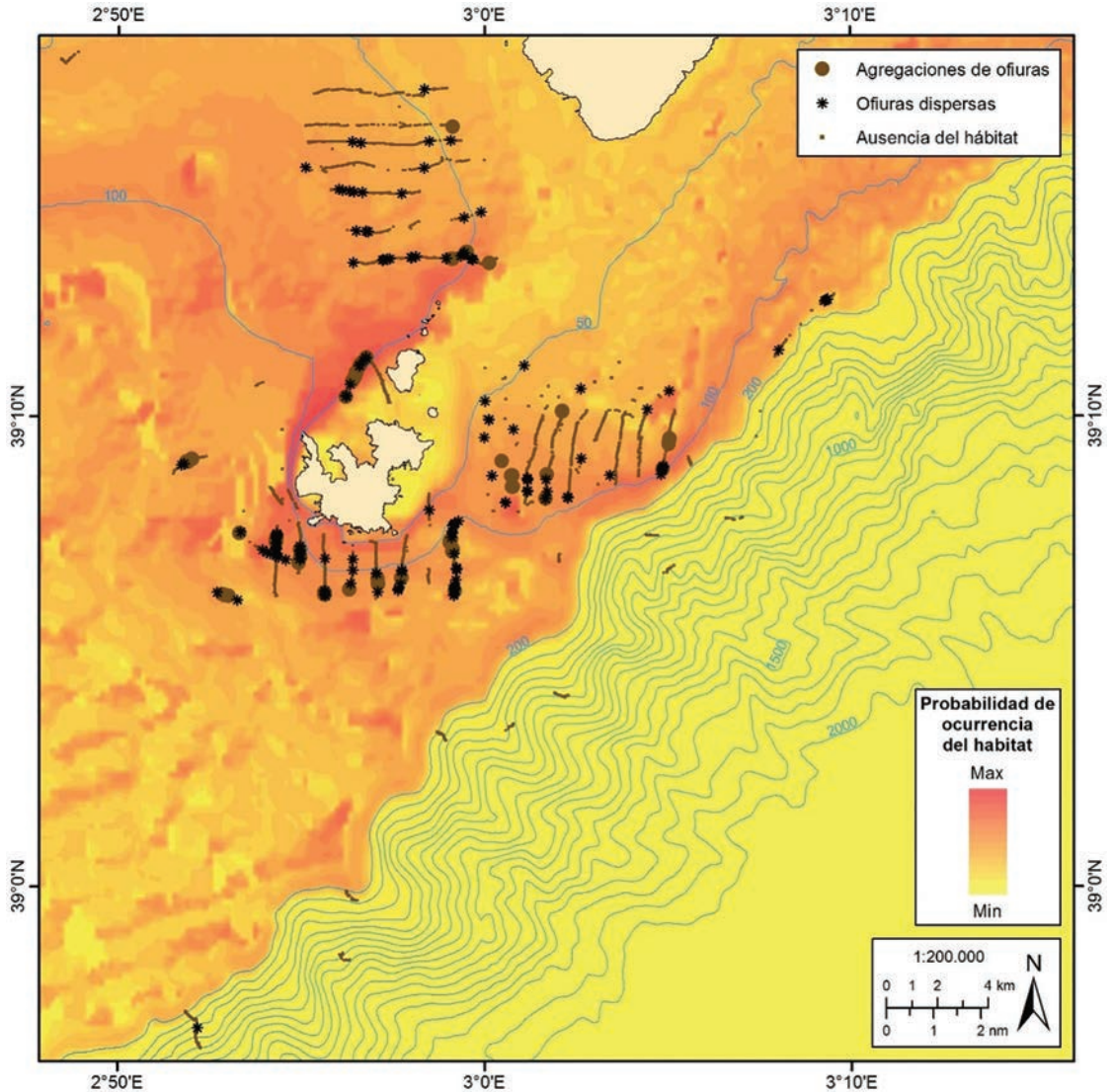


Figura 11. Agregacions d'ofiuures.

Aquestes agrupacions d'ofiuures solen ocupar zones de peculiaritats hidrodinàmiques a mesoscala, com s'ha demostrat en altres agregacions d'ofiuroides (Dauvin *et al.*, 2013; Aslan-Cihangir i Pancucci-Papadopoulou, 2012) afectant el nivell tròfic (Blanchet-Aurigny *et al.*, 2012; Summers i Nybakken, 2000; Pearson i Gage, 1985) i, en ocasions, relacionats amb cicles reproductius (Morgan i Jangoux, 2002). Algunes espècies són exclusivament suspensívores (p.e. gèneres *Amphiura*, *Ophiopsila*, *Ophiothrix*) i altres són facultativament dipositívores i suspensívores (p.e. gèneres *Ophiacanta*, *Ophiura*).

Camps de *Lanice conchilega*

El poliquet *Lanice conchilega* pot ser abundant entre les comunitats de *L. phalangium* i *G. vitreus* descrites abans (Fig. 13), tot i que té una distribució més irregular que aquestes espècies, essent present també en un major rang de fons arenosos, on aquests poliquets aconsegueixen els materials per construir-ne el tub. Al sud de Cabrera, els camps de *G. vitreus*, *L. phalangium* i *L. conchilega* solen aparèixer barrejats. El sediment sol ser mixt, dominant-ne el sorrenc, però amb sediments de majors granulometries com grava, magrana i restes biogèniques (Fig. 14).



Figura 12. *Arnoglossus rueppelii* entre *Lanice conchilega*.



Figura 13. *Lanice conchilega* y *Gryphus vitreus* al llindar de la plataforma.

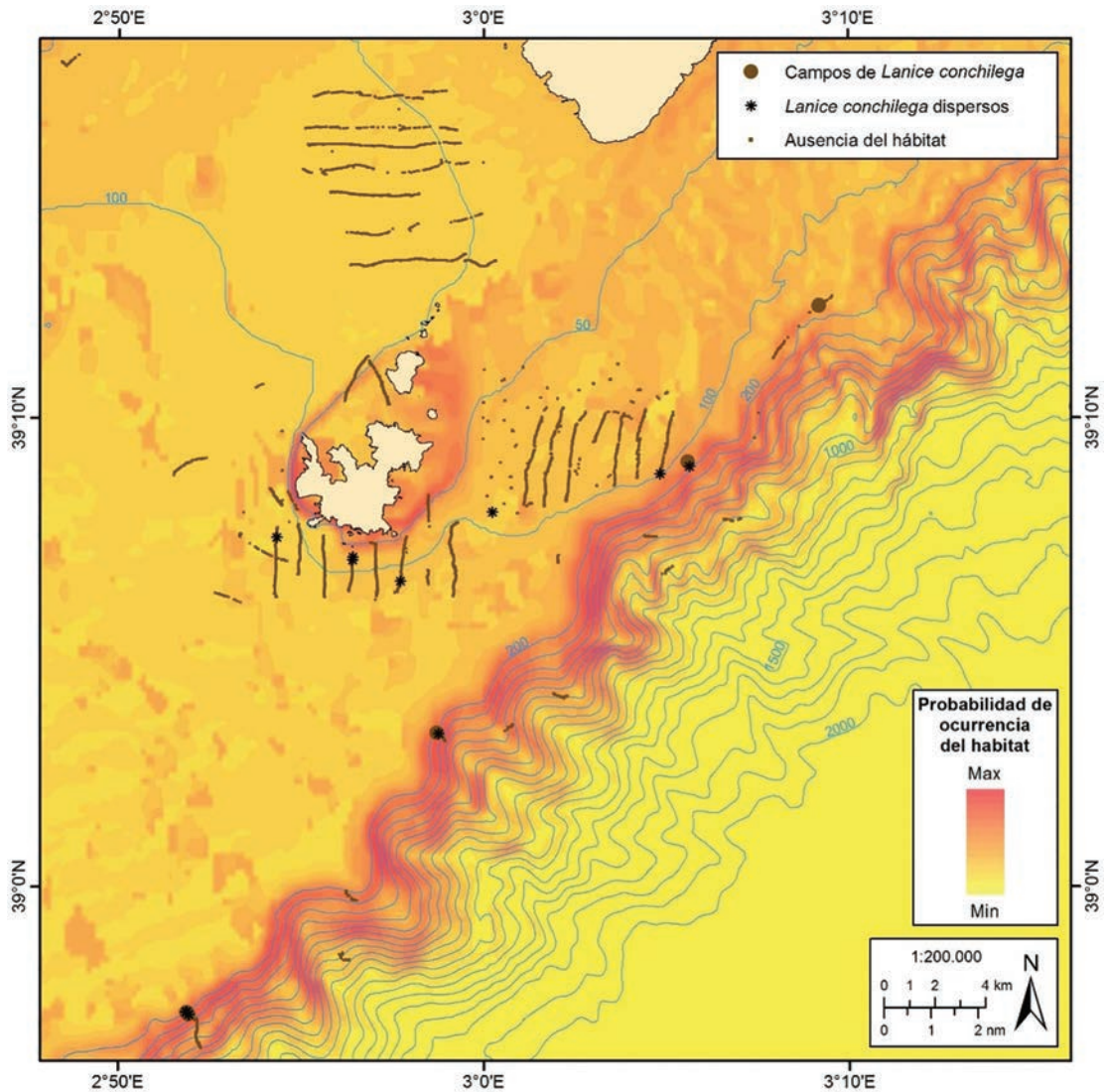


Figura 14. Camps de *Lanice conchilega*.

Tant als camps monoespecífics com als mixtos, s'hi observen diferents espècies de peixos, com *Merluccius merluccius*, *Arnoglossus rueppelii* (Fig. 12), *Peristedion cataphractum*, *Chelidonichthys cuculus*, *Capros aper* i *Macroramphosus scolopax*; crustacis com *Palinurus mauritanicus*, *Plesionika heterocarpus*, *Munida intermedia* i *Pagurus* sp.; i equinoderms com *Stylocidaris affinis*, *Gracilechinus acutus*, *Holothuria forskali* i *Parastichopus regalis*.

Fangs batials amb galeries

Gran part dels fons fangosos de l'entorn de l'arxipèlag de Cabrera presenten bioturbacions produïdes per les galeries excavades per crustacis com l'escamarlà (*Nephrops norvegicus*) (Figures 15 i 16). Altres bioturbacions poden ser produïdes per crustacis de les famílies Callianassidae, Upogebiidae, Thalesinidae i Axiidae, així com pel cranc *Goneplax rhomboides*. El rol dels forats i galeries excavats per aquests crustacis ha estat àmpliament documentat en els fons bentònics de tots els oceans (Queirós *et al.*, 2013; Kristensen *et al.*, 2012; Kinoshita, 2002). Aquests fangs solen ser rics en matèria orgànica, a partir de la qual es construeixen xarxes tròfiques més complexes que en zones de sediments més gruixuts.

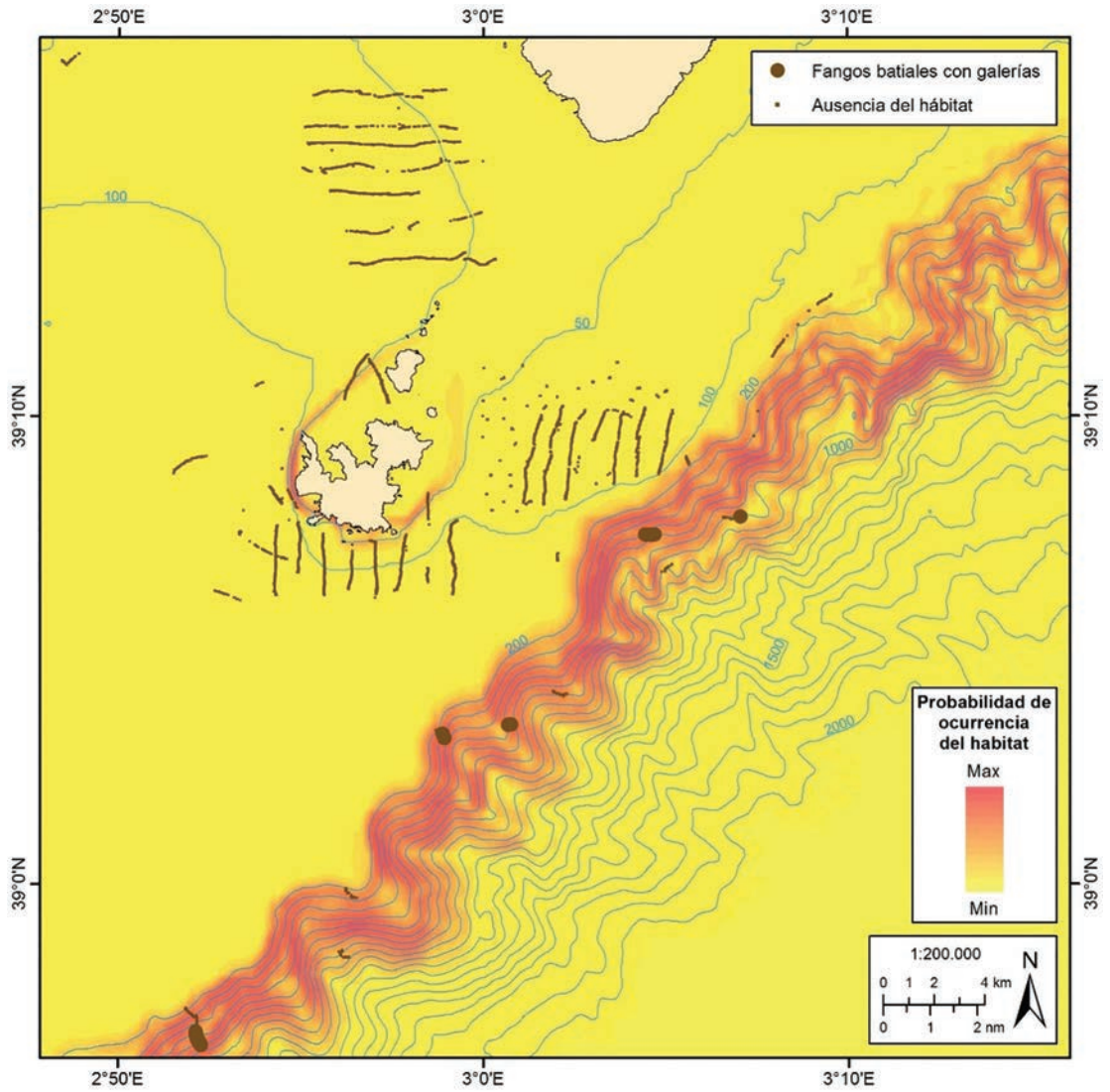


Figura 15. Fangos batials amb galeries.

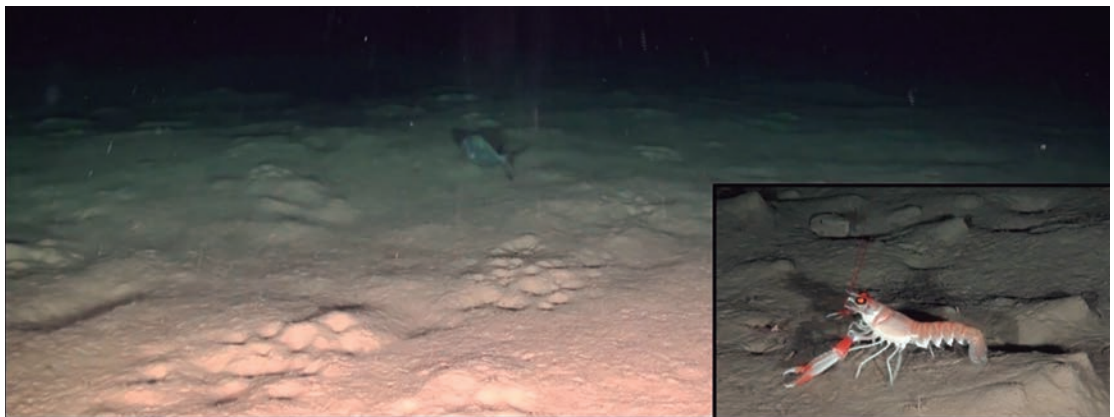


Figura 16. Galeries en fons fangosos i escamarlà (*Nephrops norvegicus*).

Les bioturbacions estructuren aquests fons de gran riquesa en infauna, i on es troba una rica ictiofauna, com raps (*Lophius budegassa*), bruixes (*Lepidorhombus whiffiagonis* i *L. boscii*), macrúrids (*Coelorhynchus caelorhynchus*, *Nezumia aequalis*, *Hymenocephalus italicus*, *Trachyrinchus scabrus*), taurons (*Galeus melastomus*, *Centrophorus granulosus*, *Etmopterus pusillus*) i moltes altres espècies batials (p.e. *Lepidion eques*, *Nettastoma melanurum*, *Chlorophthalmus agassizi*, *Hoplostethus mediterraneus*).

Al vessant oriental, on la fondària i el pendent són menors, les espècies íctiques més habituals van ser els tríglics (*Lepidotrigla cavillone*, *Trygla lira*), les rajades (*Raja montagui*, *Leucoraja naevus*), la bruixa de quatre taques (*Lepidorhombus boscii*), els ulls (*Gadiculus argenteus*) i el polido (*Argentina sphyraena*), així com mol·luscs (*Octopus salutti*), crustacis (*Plesionika antigai*, *P. heterocarpus*), equinoderms (*Astropecten aranciacus*, *Leptometra phalangium*), ceriantaris, etc.

Fangs dominats per Foraminifera

Tot i que, fins a la actualitat, han passat majoritàriament inadvertits, els foraminífers de l'ordre Astrorhizida, com *Pelosina arborescens*, són els organismes marins més ben representats en els fons fangosos batials. Hàbitats similars han estat descrits per a altres mars, com a les costes de Noruega, amb presència de grans foraminífers arborescents i esponges carnívores (Buhl-Mortensen *et al.*, 2012). Els foraminífers *P. arborescens* tenen una mida respectable, ja que poden assolir els 3-4 cm, però són massa petits com per ser considerats espècies estructurants. No obstant això, en generar un hàbitat o microhàbitat tridimensional, són importants per a petits organismes, larves i juvenils.

Als voltants de Cabrera trobam aquest tipus d'agregacions en els fons sedimentaris meridionals, a l'escarpament d'Émile Baudot, en un ampli rang de fondàries, des de 200 fins a 1000 m (Fig. 17).

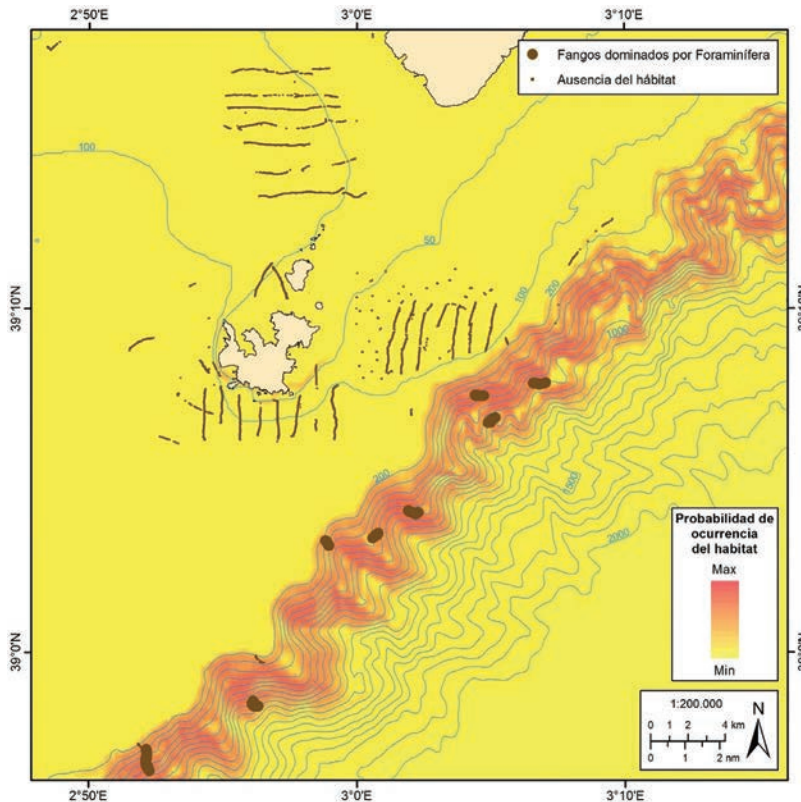


Figura 17. Fangs dominats per Foraminifera.

Fons sedimentaris sense epifauna

No podem ignorar els fons sedimentaris on no són dominants la fauna i/o la flora epibentòniques, sinó la infauna. Suposen una extensió important dins de les aigües properes a Cabrera i necessiten d'un estudi més acurat per conèixer millor les seves comunitats i serveis ecosistèmics.

De forma dispersa s'hi poden trobar alguns cnidaris, com *Cereus pedunculatus*, *Andresia partenopea* i *Alcyonium palmatum*, esponges com *Cyocalipta penicillus* i poliquets com *Sabella pavonina* o *Megalomma vesiculosum*, però la fracció majoritària de la biomassa la componen mol·luscs, equinoderms i anè·l·lids que viuen completament dins del substrat i que, per tant, no poden ser descrits en els transectes visuals realitzats amb ROV.

Altres fàcies importants

Hi ha algunes espècies que, als voltants de Cabrera, només han estat trobades en fàcies de dimensions entre moderades i petites, però que, possiblement, podrien formar importants agregacions en zones properes no explorades. D'entre elles, destaquen:

Fàcies de petites esponges en fangs batials

L'espècie més representativa es l'esponja *Thenea muricata*, habitual en fons fangosos de Balears (Massutí i Reñones, 2005), que pot assolir grans densitats, associada a diferents espècies de fauna, com l'anemone incrustant groga (cf. *Parazoanthus axinellae liguricus*) al que normalment s'associa (Pax i Müller, 1956), a més de peixos com *Gadiculus argenteus* i *Merluccius merluccius*, crustacis com *Nephrops norvegicus* i altres esponges del gènere *Rhizaxinella* (UNEP-MAP-RAC/SPA, 2013). També està present l'esponja carnívora *Cladorhiza abyssicola* (Fig. 18) i altres porífers de petit port no identificats, que són recurrents als fons blans batials (Fig. 19).



Figura 18. *Cladorhiza abyssicola* en fons fangós.

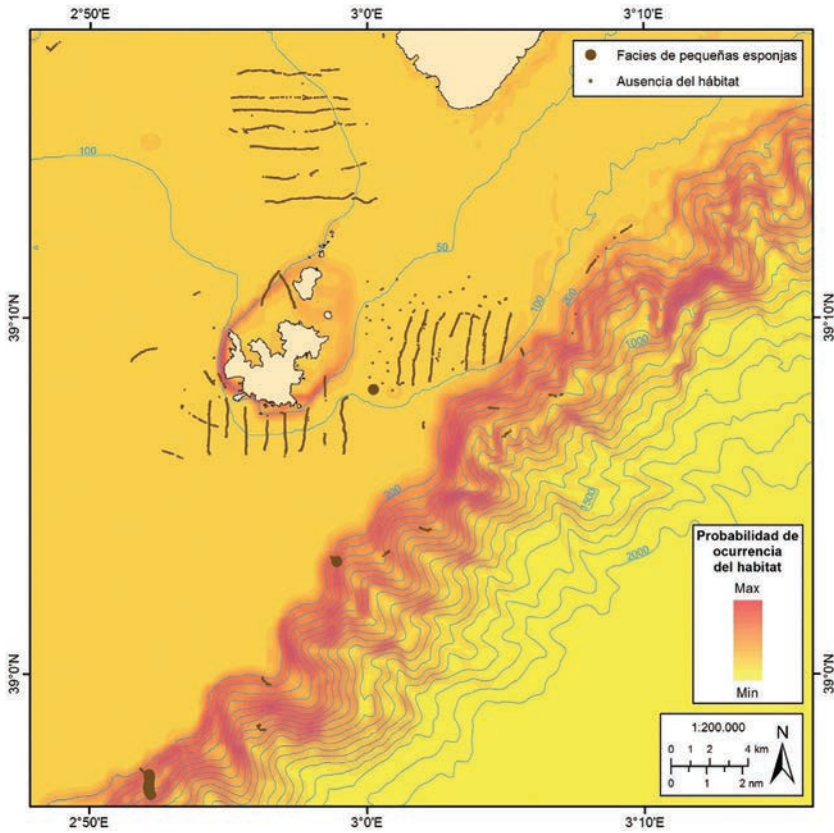


Figura 19. Fàcies de petites esponges en fangs batials.

Grans esponges sobre fons blancs

La gran esponja roca *Leiodermatium pfeifferae* (Fig. 20) pot desenvolupar-se sobre sediment blanc (o fons rocosos fortament coberts per sediments) i formar grans agregacions esculloses (Maldonado *et al.*, 2015), com les localitzades a l'escarpament d'Émile Baudot, fora de la zona motiu d'aquest estudi, però molt properes, raó per la qual no en descartam la presència als voltants de Cabrera.



Figura 20. *Leiodermatium pfeifferae* en fons blancs.

Es coneix també l'existència d'agregacions d'esponges hexactinèl·lides en hàbitats fangosos mediterranis, com *Pheronema carpenteri*, però encara no s'han trobat en aquesta zona, a diferència d'altres esponges cristall de fons durs com *Tetrodyctium tubulosum* i *Farrea bowerbanki* (Boury-Esnault *et al.*, 2014).

Fons sedimentaris amb dominància de bogamarins

És conegut que els bogamarins poden crear importants agregacions en fons rocosos i blans. En el cas dels fons sedimentaris de Cabrera i voltants, s'han localitzat diferents facies de *Gracilechinus acutus*, *Echinus melo*, *Cidaris cidaris* i *Stylocidaris affinis*, que poden arribar a presentar un gran nombre d'individus en distints estrats batimètrics. Tot i que les espècies més abundants són els bogamarins irregulars, com *Spatangus purpureus*, *Brissopsis lyrifera* o *Echinocardium cordatum* (Fig. 21), dels que hi ha dades de presència en la zona (Fig. 22), no han pogut ser observades amb ROV durant aquests mostratges, en tractar-se d'espècies de la infauna que rarament es troben fora del sediment.



Figura 21. *Spatangus purpureus*, *Stylocidaris affinis* i *Gracilechinus acutus*.

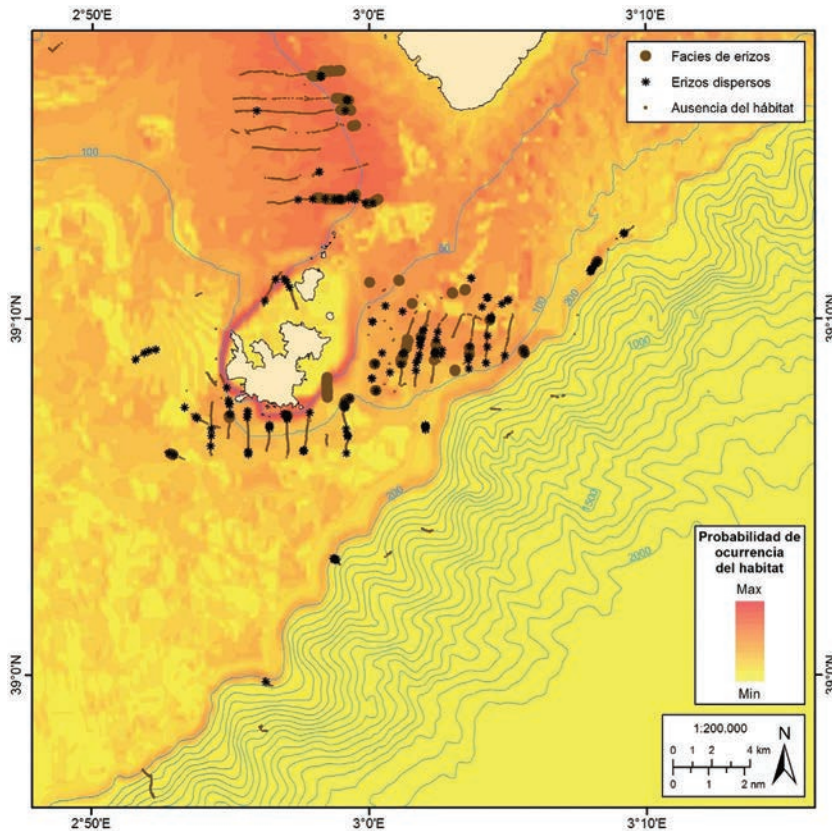


Figura 22. Fons sedimentaris amb dominància de bogamarins.

Spatangus purpureus es una espècie estructurant de gran importància tant com predador d'algues i detritus, com també pel seu paper de presa per a espècies d'alt valor comercial, com la llagosta roja (*Palinurus elephas*) (Aguilar *et al.*, 2017). Les zones més importants de *S. purpureus* es localitzaren a fondàries d'entre 50 i 100 m a l'entorn de l'arxipèlag, sobretot al nord i l'est, encara que és una espècie d'àmplia distribució tant en extensió geogràfica com en rang batimètric.

A aquestes zones també poden observar-se altres espècies com *Luidia ciliaris*, *Echinaster sepositus*, *Astropecten aranciatus*, *Ophioderma longicauda*, *Ophiocomina nigra*, *Octopus vulgaris*, *Phallusia mamillata*, *Scylorhinus canicula*, *Coris julis*, *Gobius* spp., *Lepidotrigla cavillone*, *Trachinus draco*, així com algues peyssonel·liàcies, *Osmundaria volubilis* o *Caulerpa cylindracea*.

Ceriantaris

La presència d'anemones de tub pot ser molt important en fons blans, arribant a ser la faciès predominant en certs indrets, com al nord de Dragonera o en aigües del golf de Biscaia, on *Cerianthus membranaceus* forma denses comunitats. Als voltants de Cabrera, els ceriantaris formen comunitats petites, com les observades de *Pachycerianthus* sp. i/o *Cerianthus* sp. en fangs de l'escarpament d'Émile Baudot i l'oest de Cabrera, o als fons arenosos amb *Arachnanthus nocturnus* al sud de Cabrera (Figs. 23 i 24).

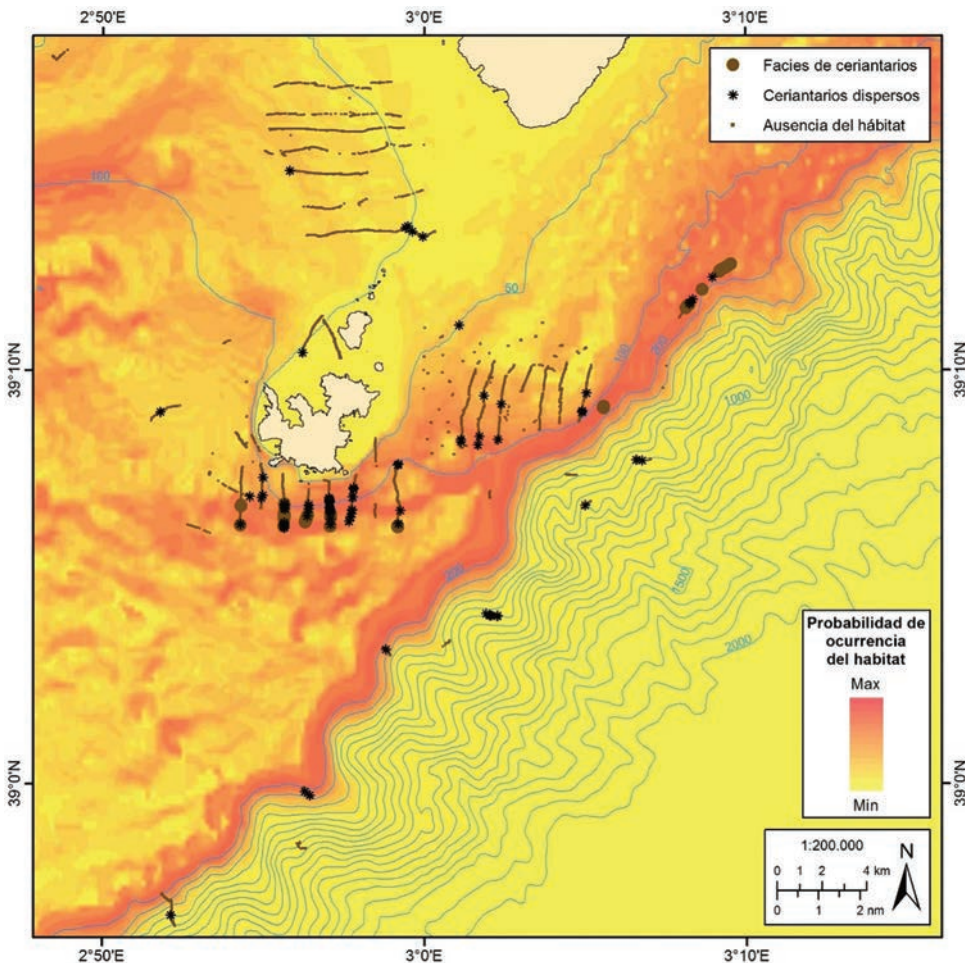


Figura 23. Ceriantaris.



Figura 24. *Arachmanthus nocturnus* en fons detrítics al sud de Cabrera.

A zones properes, com el mont submarí d'Émile Baudot, també s'han trobat altes concentracions d'*Arachmanthus oligopodus*.

Fons amb plomes de mar

En aigües de Cabrera s'han trobat diferents espècies de pennatulacis (Fig. 25), incloent *Pennatula phosphorea*, *P. rubra*, *Pteroeides griseum*, *Virgularia mirabilis* i *Funiculina quadrangularis*. Tot i que no es localitzaren poblacions denses, algunes colònies disperses trobades eren de relativa importància, sobretot entre el sud del parc nacional i a l'escarpament d'Émile Baudot (Fig. 26).

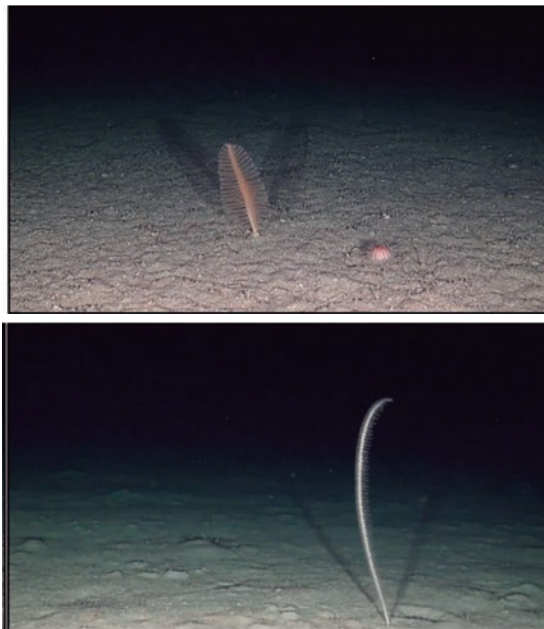


Figura 25. *Pennatula phosphorea* i *Funiculina quadrangularis* al sud de Cabrera.

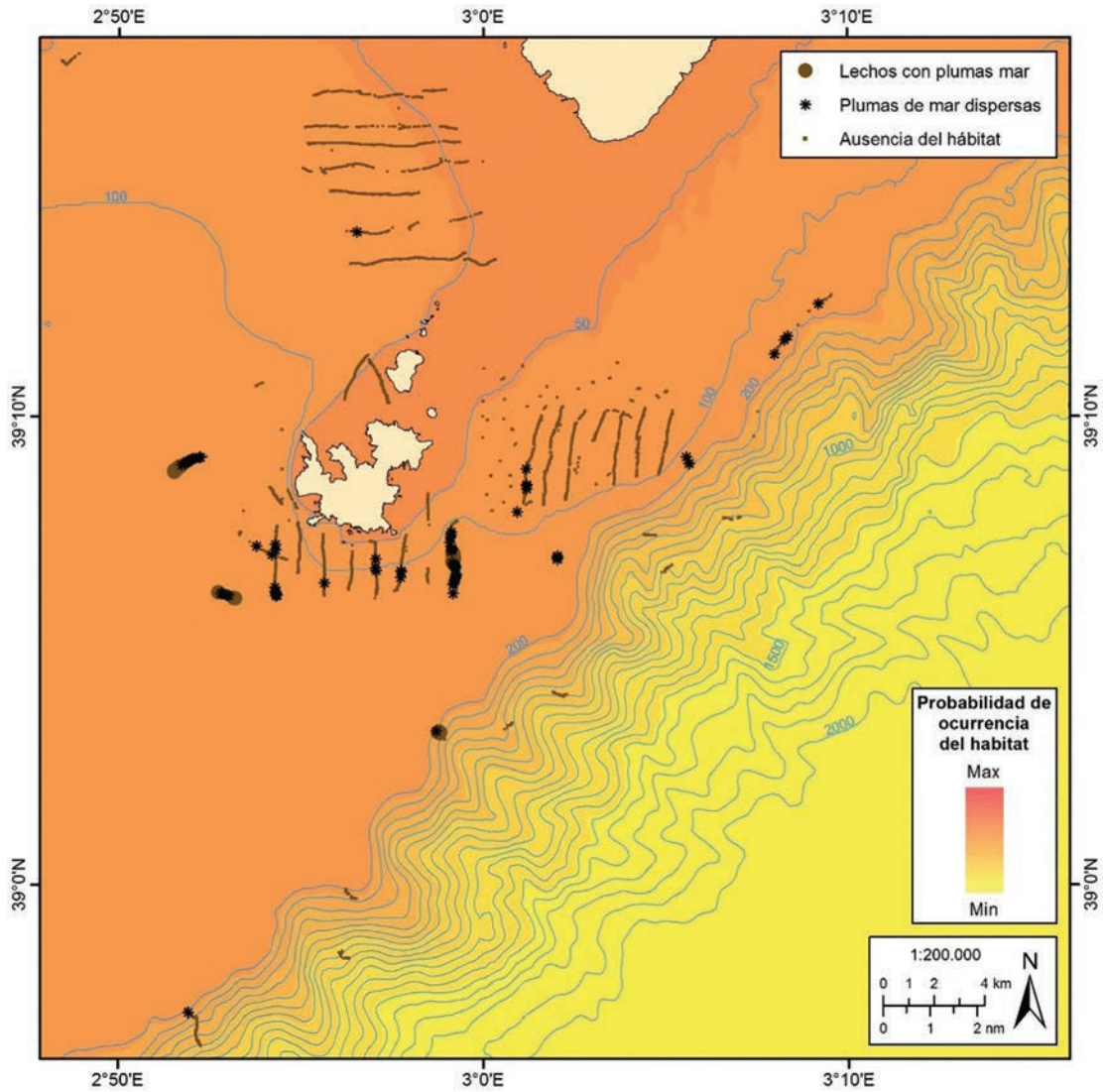


Figura 26. Fons amb plomes de mar.

Els fons de *F. quadrangularis* tradicionalment s'han relacionat amb crustacis d'alt valor comercial, com l'escamarlà (*Nephrops norvegicus*) i les gambes de fondària (*Aristeus antennatus* i *Parapenaeus longirostris*) (Nouar *et al.*, 2011; Nouar i Maurin, 2001), així com a punt d'ancoratge d'ous d'elasmobranquis (observació personal).

Grans hidrozous

Els hidrozous de grans dimensions, com *Nemertesia ramosa*, solen ocupar fons blans amb o sense presència algal, en fons propers a ambients coral·lígens i rocosos. El seu port permet l'estructuració tridimensional de l'hàbitat, i altres funcions equiparables a les de les gorgònies, com proporcionar refugi, zona de posta i plataforma per a la captura d'aliment.

A la zona d'estudi s'ha observat una major abundància a les rodalies dels importants ambients de coral·ligen del Fort d'En Moreu, a l'est de Cabrera (Fig. 27).

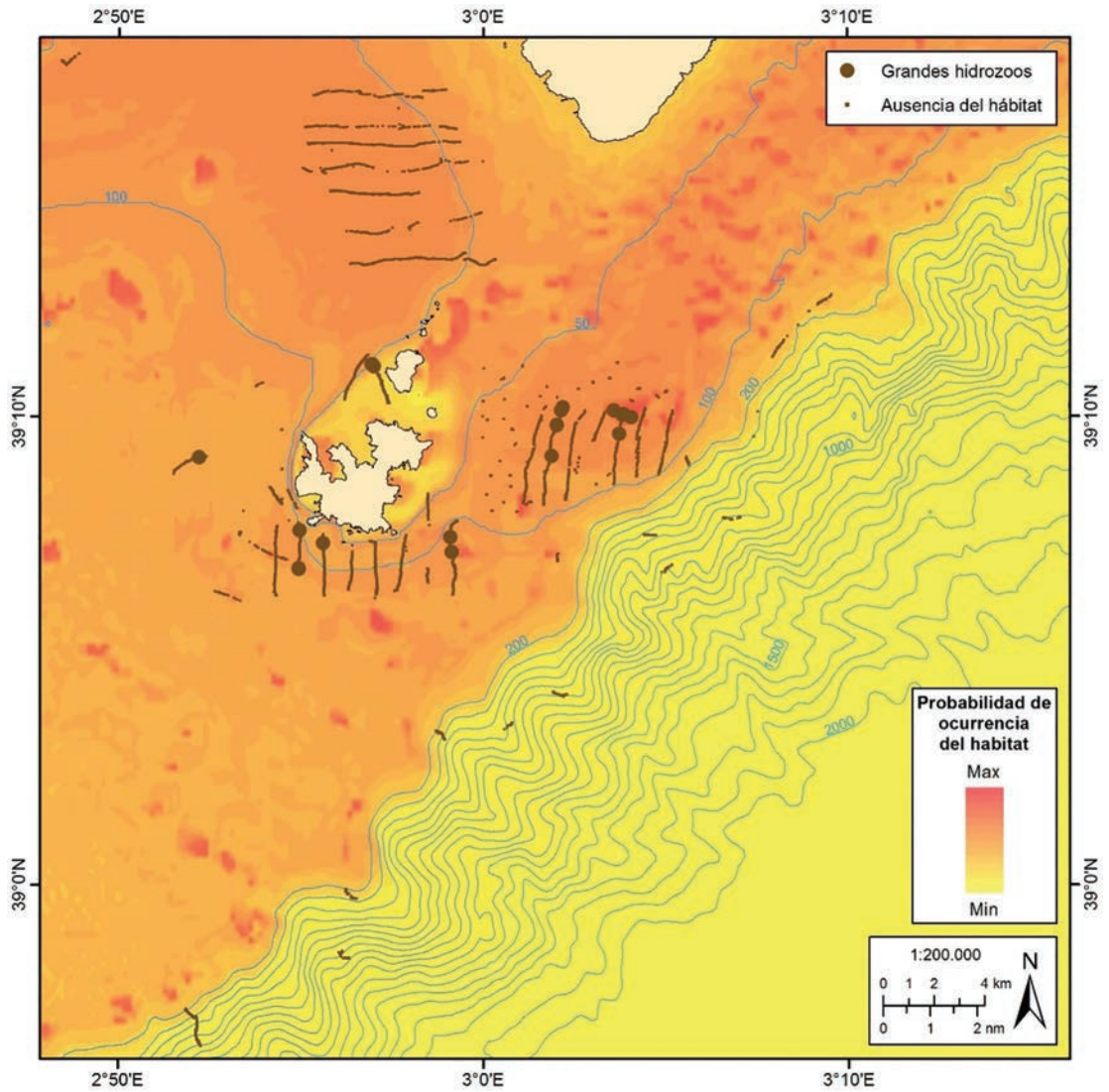


Figura 27. Grans hidrozoos.

Fàcies d'holotúries

Els holoturoïdeus són les espècies més comunes de l'epibentos en molts fons marins profunds del món (Billett, 1991). Als voltants de Cabrera es trobaren diverses espècies d'holotúries, essent les més representatives les espècies *Holothuria forskali* i *Parastichopus regalis*. Tot i que podien ser localment nombroses, no es trobaren agregacions extenses i abundants a les zones mostrejades (Fig. 28).

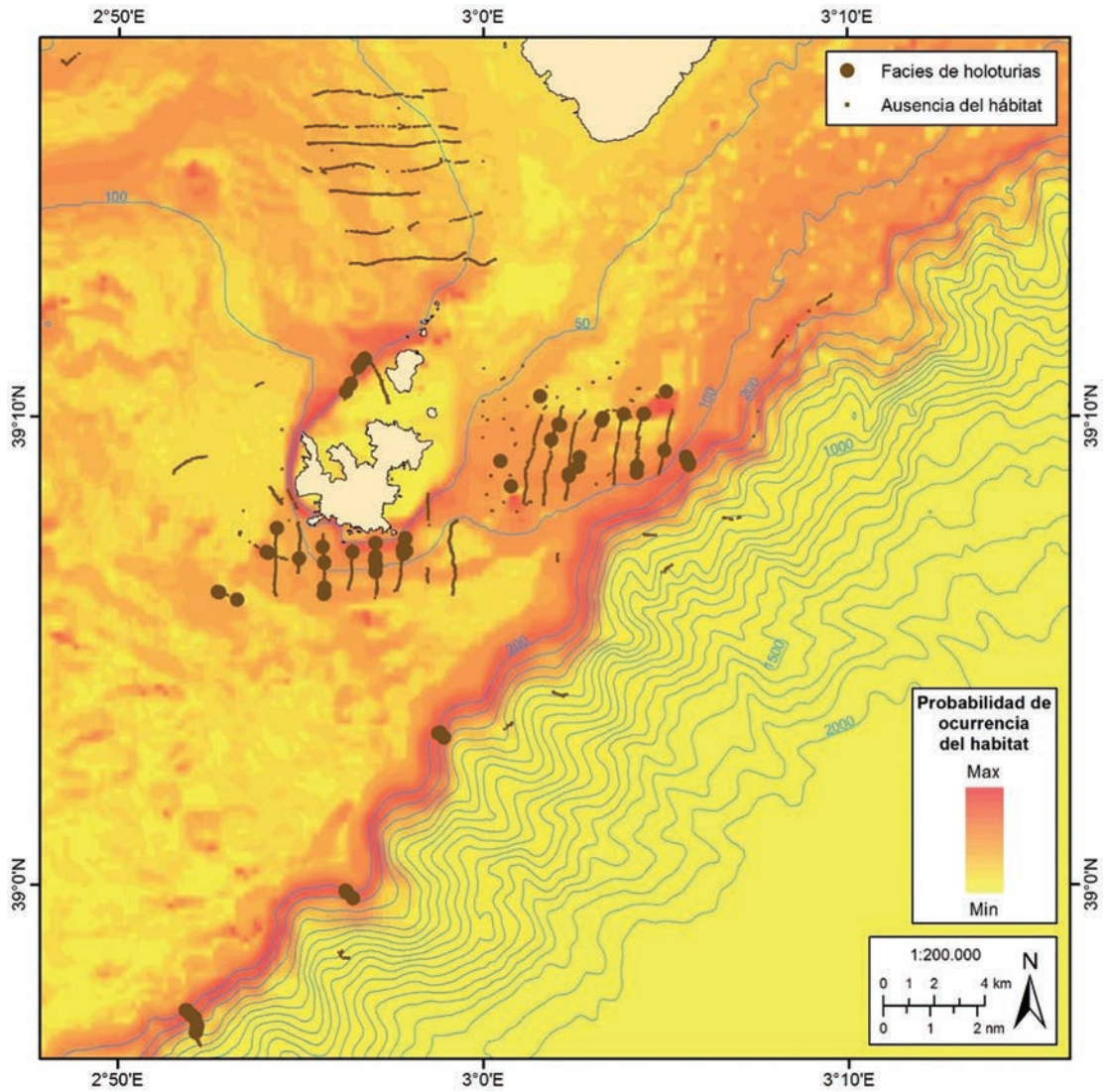


Figura 28. Fàcies d'holotúries.

P. regalis era més freqüent en zones d'arena i sediments mixtos del circalitoral profund i llinar de plataforma, mentre que *Holothuria forskali* tenia una distribució més difusa, amb algunes concentracions en fons detrítics propers a fons durs circalitorals, i altres en fons fangosos batials de l'escarpament d'Émile Baudot.

L'elesipòdid *Penilpidia ludwigi*, habitual al proper mont d'Émile Baudot, no fou detectat als voltants de Cabrera.

Bioturbacions per *Cepola macrophthalma*

La cinta (*Cepola macrophthalma*) es una espècie íctica de comportament similar a les conegudes anguiles jardineres (*Heteroconger longissimus*) de l'Atlàntic. Es concentren en colònies de cents o milers d'exemplars que excaven forats verticals en fons sedimentaris on es poden retreure's. Aquestes colònies de cintes es localitzaren devers els 60 m de fondària en fons al nord i sud de Cabrera (Fig. 29).

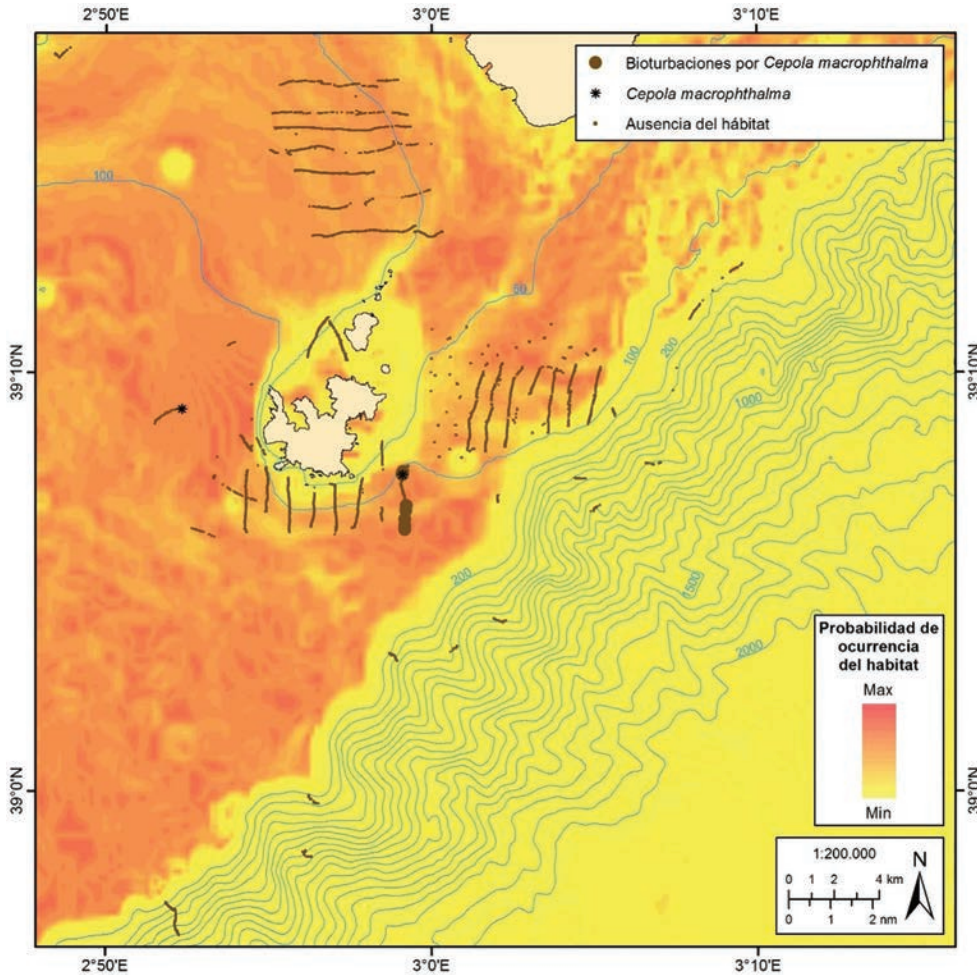


Figura 29. Bioturbacions per *Cepola macrophthalma*.

Coralls bambú

El corall bambú (*Isidella elongata*) és una espècie de gran fragilitat i creixement lent, considerada en perill crític d'extinció al Mediterrani (IUCN, 2016) a causa, principalment, de l'impacte de la pesca d'arrossegament de fons, i a que les seves agregacions solen associar-se amb la presència de crustacis d'alt valor comercial, com *Nephrops norvegicus*, *Aristeus antennatus* o *Aristaeomorpha foliacea* (Maynou i Cartes, 2011; GFCM, 2009; Sardà, 2004).

Les colònies de *I. elongata* es trobaren en els fons batials de l'escarpament d'Émile Baudot, però amb densitats baixes i amb molts dels coralls greument deteriorats (Fig. 30). En altres zones de Balears s'han trobat àrees amb grans densitats (2.300–2.683 colònies per hectàrea) (Mastrototaro *et al.*, 2017), i no es pot descartar que també n'hi pugui haver de similars a l'entorn de Cabrera.



Figura 30. Plàstic en corall bambú (*Isidella elongata*).

Apart de la important infauna i epifauna que pot associar-se a aquests boscos de coralls bambú (Mastrototaro *et al.*, 2017), s'han observat cefalòpodes com *Histioteuthis reversa*, peixos com *Lampanyctus crocodilus*, *Stomias boa* i *Chauliodus sloani*, crustacis com *Plesionika martia* i *P. heterocarpus*, ctenòfors com *Pleurobranchia pileus* i escifozous com *Periphylla periphylla* i *Solmissus albescens*.

Ampeliscidae

Els crustacis tubícoles de la família Ampeliscidae, com els dels gèneres *Byblis*, *Ampelisca* o *Haploops*, poden generar comunitats de gran densitat que structuren els fons i proporcionen recer i aliment a moltes d'espècies (Kim *et al.*, 2004; Dauvin i Bellan-Santini, 1988; Barnaud, 1969). Aquest és el cas de les espècies d'*Haploops* al Bàltic i la mar del Nord, però es sap molt poc del seu paper en altres aigües europees.

En aigües de Balears s'han trobat altes densitats d'Ampeliscidae a zones com el mont Ausiàs March en el canal de Mallorca, mentre que, a l'àrea de l'escarpament d'Émile Baudot propera a Cabrera (Fig. 31), de moment, només s'han trobat extensions reduïdes (Fig. 32).



Figura 31. Ampeliscidae i briozou pedunculat *Kinetoskias cf. smithii* junt a esponja *Leiodermatium pfeifferae*.

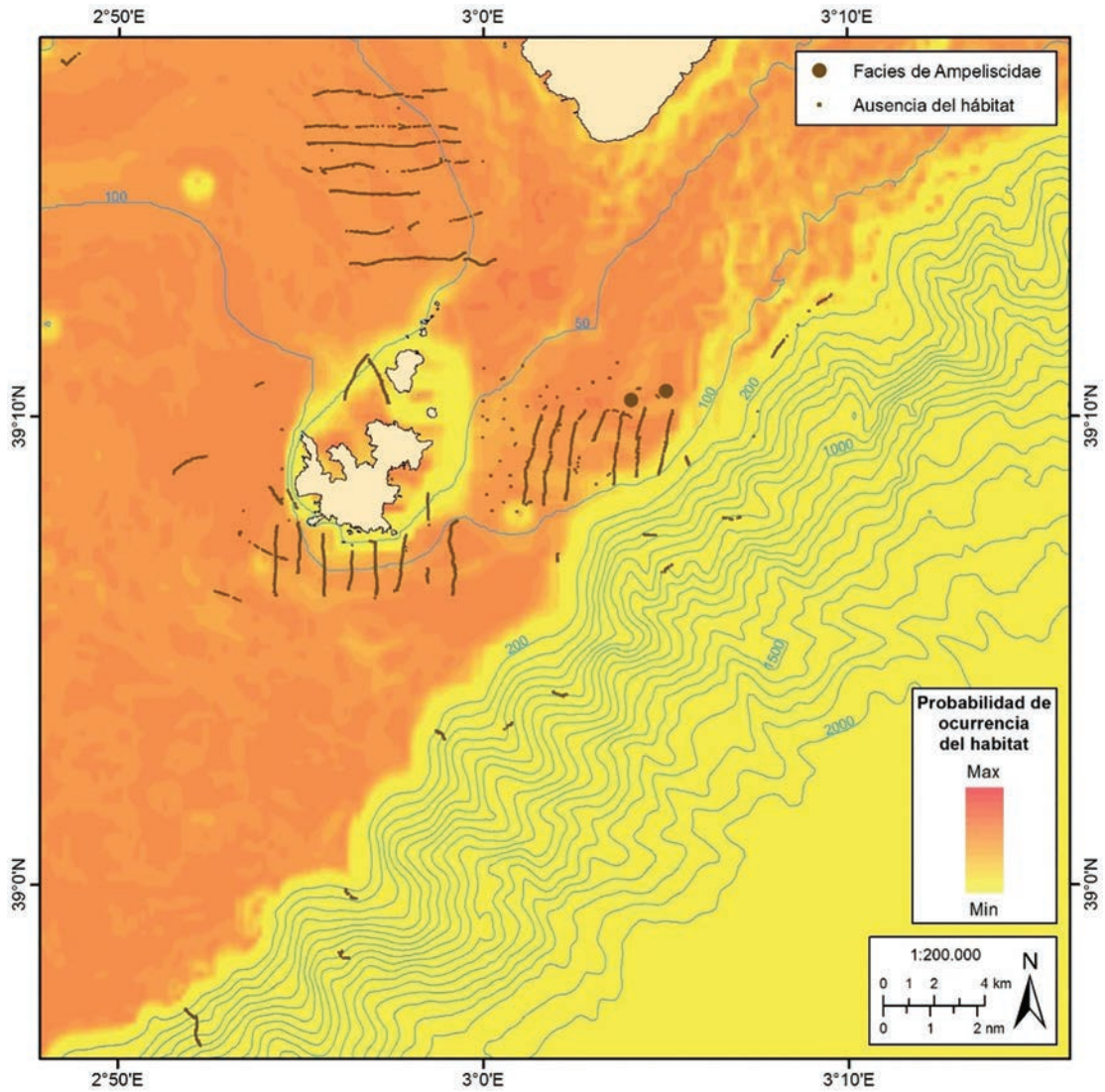


Figura 32. Ampeliscidae.

AMENACES

Els fons sedimentaris de Cabrera i voltants pateixen impactes antròpics i naturals de diferent índole.

La pesca és una de les activitats que pot produir grans modificacions de les comunitats bentòniques i, d'entre els mètodes de pesca, l'arrossegament de fons és la modalitat que deixa els impactes més evidents sobre fons blans (Hiddink *et al.*, 2017; Kaiser *et al.*, 2006).

A l'oest de Cabrera, on es practica una intensa activitat de pesca d'arrossegament, les marques de les portes són evidents arreu (Fig. 33). Al nord, en la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca i voltants i a les rodalies del Fort d'En Moreu, els fons de rodòlits es veuen greument impactats i van desapareixent de molts llocs per transformar-se en fons detrítics on les algues calcàries han estat triturades o han estat substituïdes per altres de creixement més ràpid, com *Osmundaria volubilis* i *Peyssonnelia* spp. (Giménez-Casaldueiro *et al.*, 2001; Bordehore *et al.*, 1999).

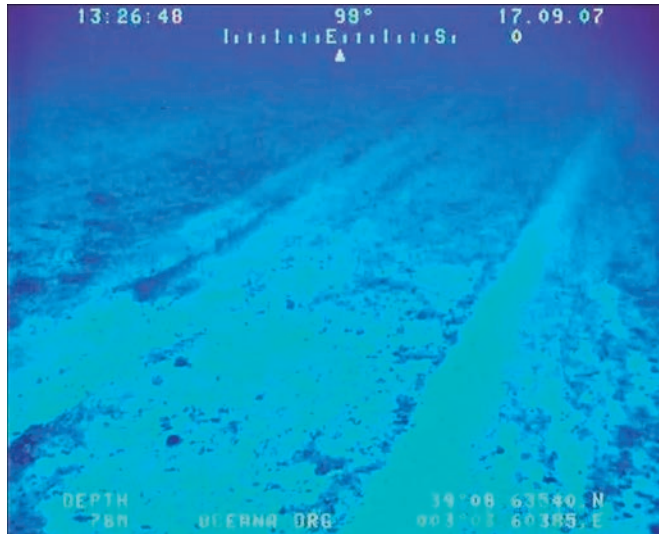


Figura 33. Marques de ròssec a l'est de Cabrera.

Al sud de Cabrera l'activitat de ròssec és menor, cosa que ha permès el manteniment d'agregacions de crinoïdeus, braquiòpodes i poliquets tubícoles, així com agregacions de plomes de mar i altres espècies. Aquest és el cas, també, a l'Émile Baudot, on l'orografia escarpada de les seves pendents no permet aquesta activitat. Igualment, les grans formacions coral·lígenes del Fort d'En Moreu han servit d'estructura de protecció, permetent que els fons de la zona estiguin menys impactats que altres d'adjacents. Un altre dels impactes antròpics més evident és l'acumulació de residus. Les roques i formacions coral·lígenes sovint suposen un obstacle que dificulta la circulació de part d'aquests residus pels fons marí, raó per la qual solen ser-ne zones d'agregació.

També els escarpaments i canons funcionen com recol·lectors de residus, els quals s'acumulen sobre petites plataformes i depressions del terreny, com s'ha observat a l'escarpament d'Émile Baudot (Fig. 34). Aquestes acumulacions de residus han interaccionat i modificat el comportament d'algunes espècies marines, que els utilitzen com a refugi i substrat, o, com el cranc *Paromola cuvieri*, substitueixen l'ús natural d'esponges i gorgònies, pel de plàstics i altres restes antropogèniques per cobrir-se (Fig. 35).



Figura 34. Acumulació de residus en els fons fangosos de l'escarpament d'Émile Baudot.

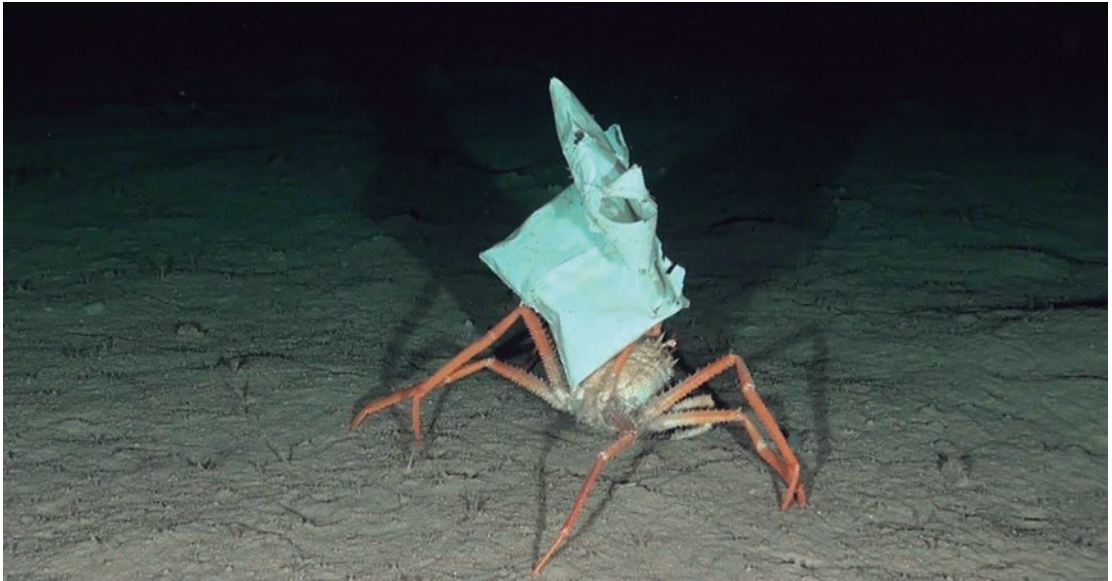


Figura 35. *Paromola cuvieri* cobrint-se amb un plàstic.

Una altre amenaça que planeja sobre els fons de Cabrera i els seus voltants són les exploracions a la recerca de petroli i gas, i la seva potencial apertura a l'exploració. L'entorn de les Illes Balears ha estat objecte de sol·licituds de permisos d'exploració d'hidrocarburs per part de diferents empreses, cosa que ha generat una forta resposta social. A dia d'avui, no s'ha atorgat cap permís d'exploració, però la cerca de combustibles fòssils continua essent una constant en molts de països de la Mediterrània.

Finalment, tenim l'impacte de l'alta taxa de sedimentació en zones de l'escarpament d'Émile Baudot. Possiblement d'origen natural, tot i que també podrien influir causes humanes, aquesta elevada deposició de sediments impedeix l'assentament d'espècies epibentòniques, colga els fons rocosos i enterra comunitats existents. Aquesta podria haver estat una de les causes de la desaparició dels esculls massius de coralls que antigament cobrien els fons del sud de Cabrera i de l'escarpament d'Émile Baudot, dels que avui encara romanen restes fòssils (Fig. 36).



Figura 36. Aflorament d'antic escull fòssil entre fons sedimentaris.

CONCLUSIONS

La tipologia dels fons de Cabrera i els seus voltants és molt variable, depenent de factors com el sediment, la batimetria i la geomorfologia, però també hi ha diferències entre les seves vessants nord-sud i est-oest.

Al sud, l'existència del gran escarpament d'Émile Baudot condiciona la presència de determinats fons i espècies. Els antics esculls fòssils i els caires rocosos es troben, en gran part, coberts per sediments, raó per la qual els fons fangosos ocupen una gran extensió. Hi ha també algunes zones de fangs compactes amb galeries practicades per crustacis i peixos.

A la zona de plataforma continental entre el sud de Cabrera i l'escarpament, els fons blans són principalment detrítics, d'arena i d'arena fangosa, amb llocs on pot haver més quantitat de sediments grollers i restes biogèniques, com magrana i conxífer. És aquí on s'assenten les comunitats més denses i extenses de *Leptometra phalangium*, *Gryphus vitreus* i *Lanice conchilega*. Per altre part, és també on es troben algunes de les fàcies de cnidaris, com les plomes de mar (*Funiculina quadrangularis*, *Pennatula phosphorea*, etc.) i anemones tub (*Cerianthus* spp., *Arachnanthus oligopodus*). Totes aquestes espècies són estructurants i amb diferents graus de vulnerabilitat, però molt sensibles a les pertorbacions humanes.

Al nord, els hàbitats arenosos s'assenten sobre un fons d'una fondària més homogènia, on es localitzen els nius de xucles, comunitats algals i acumulacions de restes de posidònia, i on s'han trobat alguns exemplars d'espècies amenaçades o protegides per la Convenció de Barcelona, com el bogamari *Centrostephanus longispinus* o l'esponja *Axinella polypoides*.

A l'est hi ha les importants formacions coral·lígenes del Fort d'En Moreu que han servit, així mateix, de protecció per a diversos fons blans, cosa que ha permès el manteniment de comunitats algals, de grans filtradors i de suspensívors. Això proporciona una biodiversitat alta, amb espècies vulnerables, com les esponges *Axinella* spp o *Tethya aurantium*. A més, és en aquesta zona oriental on es localitzen alguns dels complexos de dunes fòssils més interessants de l'entorn de Cabrera (Muñoz *et al.*, 2017).



Figura 37. Fangs compactats amb galeries a l'escarpament d'Emile Baudot.

A l'oest la vessant és suau i existeix un petit canó. El fons es troba força alterat per les activitats d'arrossegament i, tot i que presenta un rang batimètric major que les zones nord i est, el pendent és menys pronunciat.

Alguns fons necessiten d'un major esforç d'exploració per conèixer amb més detall les comunitats existents. Així ocorre amb els fons fangosos compactats (Fig. 37) de certs sectors de l'escarpament d'Émile Baudot, i en general amb la infauna de tots els fons blans, per al monitoratge de la qual es necessiten altres mitjans distints als visuals i de recol·lecció selectiva emprats en aquests mostratges.

Per altre part, hi ha que tenir en compte que els fons detrítics amb sediment més groller i magrana (Fig. 20) poden actuar de forma similar als fons durs, quant a proveir un substrat per a l'assentament d'altres espècies, incloent-hi gorgònies, coralls, briozous, sponges, etc.

AGRAÏMENTS

Oceana agraeix el suport rebut a Fundación Biodiversidad, el Programa LIFE de la Comissió Europea, el Govern de les Illes Balears, i les fundacions Adessium, Waitt i Robertson.

REFERÈNCIES

- Aguilar, R., Permayoría, A. i López, J. 2017. Conservation and Management of Vulnerable Marine Benthic Ecosystems. In Marine Animal Forests. The Ecology of Benthic Biodiversity Hotspots. (Rossi S., Bramanti L., Gori A i C Orejas, Eds.). pp. 1-43. DOI: 10.1007/978-3-319-17001-5_34-1.
- Aguilar, R., Serrano, A., García, S., Álvarez, H., Blanco, J., López, J., Marín, P. i Pastor X. 2014. Vulnerable habitats and species in the deep-sea Emile Baudot escarpment (south Balearic Islands) surveyed by ROV. 1st Mediterranean Symposium on the conservation of the Dark Habitats. Portorož, Slovenia, 31 October 2014. UNEP MAP RAC/SPA.
- Aslan-Cihangir, H. i Pancucci-Papadopoulou, M.A. 2012. Spatial and temporal variation of echinoderm assemblages from soft bottoms of Canakkale Strait (Turkish Strait System) with a taxonomic key of the genus *Amphiura* (Echinodermata: Ophiuroidea). *Turk J Zool*, 36(1):147 -161. doi:10.3906/zoo-1008-20
- Barnard, J.L. (1969) The families and genera of marine gammaridean Amphipoda. *United States National Museum Bulletin*, 271, 1–535
- Battaglia, P., Andaloro, F., Consoli, P., Esposito, V., Malara, D., Musolino, S., Pedà, C. i Romeo, T. 2012. Feeding habits of the Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L. 1758), in the central Mediterranean Sea (Strait of Messina). *Helgoland Marine Research*, 67:307. <https://doi.org/10.1007/s10152-012-0307-2>
- Billett, D.S.M. 1991. Deep-Sea holothurians. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 29, 259–317.
- Blanchet-Aurigny, A., Dubois, S.F., Hily, C., Rochette, S., Le Goaster, E. i Guillou, M. 2012. Multi-decadal changes in two co-occurring ophiuroid populations. *Marine Ecology Progress Series* 460, 79–90. DOI:10.3354/meps09784.
- Bordehore, C., Barberá, C., Mallol, J., Martínez, M.C., Mena, C., Patiño, J.L., Valle, C., Vivas, M. i Ramos Esplá, A.A. 1999. Algal composition and habitat structure in two maërls bottoms: Marine Reserve of Tabarca and Island of Benidorm, SE of Spain. En: 1st International Workshop on Marine Reserves. (24.26 de marzo, 1999. Murcia, España). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua de la Región de Murcia. Murcia, España: p. 65. [Llibre de Resums].
- Boury-Esnault, N., Vacelet, J., Reiswig, H.M., Fourn, M., Aguilar, R. i Chevaldonné, P. 2014. Mediterranean hexactinellid sponges, with the description of a new *Sympagella* species (Porifera, Hexactinellida). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-12., <http://dx.doi.org/10.1017/s0025315414001891>
- Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Dolan, M.F.J., Dannheim, J., Bellec, V. i Holte B. 2012. Habitat Complexity and Bottom Fauna Composition at Different Scales on the Continental Shelf and Slope of Northern Norway. *Hydrobiologia*, 685, 191-219. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0988-6>
- Colloca, F., Carpenteri, P., Balestri, P. i Ardizzone, A.D. 2004. A critical habitat for Mediterranean fish resources: shelf-break areas with *Leptometra phalangium* (Echinodermata: Crinoidea). *Marine Biology*, 145: 1129–1142.
- Dauvin, J.C. i Bellan-Santini, D. 1988. Illustrated key to Ampelisca species from the North-Eastern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 68, 4, 659-676.
- Dauvin, J.C., Méar, Y., Murat, A., Poizot, E., Lozach, S. i Beryouni, K. 2013. Interactions between aggregations and environmental factors explain spatio-temporal patterns of the brittle-star *Ophiothrix fragilis* in the eastern Bay of Seine. *Estuar Coast Shelf Sci* 131:171–181
- Delance, J.H. i Emig, C.C. 2004. Drilling predation on *Gryphus vitreus* (Brachiopoda) off the French Mediterranean coasts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 208 (1-2): 23-30.
- GFCM, S.A.C. 2009. Criteria for the identification of sensitive habitats of relevance for the 1274 management of priority species (General Fisheries Commission for the Mediterranean).

- Giménez-Casalduero, F., Rodríguez-Ruiz, S., Vivas, M. i Ramos Esplá A.A. 2001. Variaciones de las características estructurales de la comunidad de poliquetos asociada a dos fondos de maèrl del litoral alicantino (sudeste de la península Ibérica). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, Vol 17, No 1 y 2: 191-201
- Gofas, S., Sales, C., Rueda, J.L., Canoura, J., Farias, C. i Gil J. 2014. Mollusca from a species-rich deep-water Leptometra community in the Alboran Sea. *Sci. Mar.* 78(4): 537-553. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.04097.27A>
- Hiddink, J.G., Jennings, S., Sciberras, M., Szostek, C.L., Hughes, K.M., Ellis, N., Rijnsdorp, A.D., McConnaughey R.A., Mazor T., Hilborn R., Collie J.S., Pitcher C.R., Amoroso R.O., Parma A.M., Suuronen, P. i Kaiser M.J. 2017. Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *PNAS*, 114 (31) 8301-8306. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618858114>
- IUCN (2016). Factsheet: The IUCN Red List of Anthozoans in the Mediterranean. IUCN, Malaga, Spain. Available from: http://cmsdata.iucn.org/downloads/anzothoa_fact_sheet_final_baja.pdf
- Kaiser, M.J., Clarke, K.R., Hinz, H., Austen, M.C.V., Somerfield, P.J. i Karakassis, I. 2006. Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 311: 1–14. doi:10.3354/meps311001
- Kim, Y.H., Eun, Y. i Lee, K.S. 2004. Taxonomic notes on some Korean species of the genus *Ampelisca* (amphipoda, ampeliscidae), *Korean journal of biological sciences*, 8:4, 255-265, DOI: 10.1080/12265071.2004.9647759
- Kinoshita, K. 2002. Burrow Structure of the Mud Shrimp *Upogebia major* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *Journal of Crustacean Biology*, 22 (2): 474–480, <https://doi.org/10.1163/20021975-99990255>
- Kristensen, E., Penha-Lopes, G., Delefosse, M., Valdemarsen, T., Quintana, C.O. i Banta G.T. (2012). What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Mar Ecol Prog Ser* 446: 285–302.
- Maldonado, M., Aguilar, R., Blanco, J., García, S., Serrano, A. i Punzón, A. 2015. Aggregated Clumps of Lithistid Sponges: A Singular, Reef-Like Bathyal Habitat with Relevant Paleontological Connections. *PLoS ONE* 10(5): e0125378. doi:10.1371/journal.pone.0125378
- Mangano, M.C., Portorato, E., De Domenico, F., Profeta, A., Busalacchi, B. i Spano N. 2010. *Leptometra phalangium* (J. Müller, 1841). Fields from the southern Tyrrhenian Sea: Preliminary data on the associated fauna. *Biol. Mar. Mediterr.*, 17 (1): 304-305.
- Massutí, E. i Reñones, O. 2005. Demersal resource assemblages in the trawl fishing grounds off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 69 (1): 167-181
- Mastrototaro, F., Chimentí, G., Acosta, J., Blanco, J., García, S., Rivera, J. i Aguilar R. 2017. *Isidella elongata* (Cnidaria: Alcyonacea) facies in the western Mediterranean Sea: visual surveys and descriptions of its ecological role, *The European Zoological Journal*, 84:1, 209-225
- Maynou, F. i Cartes, J.E. 2011. Effects of trawling on fish and invertebrates from deep-sea coral facies of *Isidella elongata* in the western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-7. doi:10.1017/S0025315411001603
- Morgan, R. i Jangoux, M. (2002). Reproductive cycle and spawning induction in the gregarious brittle star *Ophiothrix fragilis* (Echinodermata) in the Oosterschelde (Netherlands). *Invertebrate Reproduction and Development* 42 (2-3): 145-155
- Muñoz, A., Alcalá, C., Pascual, L., León, C. Maroto, M.P. i Acosta J. 2017. Subaqueous Dune Fields on the Marine Protected Area Around the Cabrera Archipelago (Balearic Islands). In: Guillén J., Acosta J., Chiocci F., Palanques A. (eds) *Atlas of Bedforms in the Western Mediterranean*. Springer, Cham. pp 179-185.
- Nouar, A. i Maurin C. 2001. Nature of and typical populations on the characteristic facies of substratum of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) along the Algerian coast. *Crustaceana*, 74:129–135. DOI: 10.1163/156854001505398.
- Nouar A., Kennouche H., Ainouche N. i J.E. Cartes (2011). Temporal changes in the diet of deep-water penaeoidean shrimp (*Parapenaeus longirostris* and *Aristeus antennatus*) off Algeria (southwestern Mediterranean). *Scientia Marina*, 75(2):279-288.
- Ordines, F., Ramón, M., Rivera, J., Rodríguez-Prieto, C. Farriols, M.T., Guijarro, B., Pasqual, C. i Massutí E. 2017. Why long term trawled red algae beds off Balearic Islands (western Mediterranean) still persist? *Regional Studies in Marine Science*, 15 (2017) 39–49
- Pax, F. i Müller I. 1956. La Collection de Zoanthaires du Musée Océanographique de Monaco. *Bulletin de l'Institut Océanographique*, 53(1076): 1-27.
- Pearson, M. i Gage J.D. 1984. Diets of some deep-sea brittle stars in the Rockall Trough. *Mar Biol* 82: 247-258.
- Queirós, A.M., Birchenough, S.N.R., Bremner, J., Godbold, J.A., Parker, R.E., Romero-Ramirez, A., Reiss, H., Solan, M., Somerfield, P.J., Van Colen, C., Van Hoey, G. i Widdicombe S. 2013. A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. *Ecology and Evolution*, 2013; 3(11): 3958–3985 doi: 10.1002/ece3.769.
- Sardà, F., D'Onghia, G., Politou, C.Y., Company, J.B., Maiorano, P. i Kapiris K. 2004. Deep-sea distribution, biological and ecological aspects of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) in the western and central Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 68:117–127. DOI: 10.3989/scimar.2004.68s3117
- Summers, A.C. i Nybakken J. 2000. Brittle star distribution patterns and population densities on the continental slope off central California (Echinodermata: Ophiuroidea). *Deep Sea Res II* 47:1107-1137
- UNEP-MAP. 1995. Protocol Concerning Specially Protected Areas and Biological Diversity in The Mediterranean.
- UNEP-MAP-RAC/SPA. 2013. Description of the ecology of the Gulf of Lions shelf and slope area and identification of the areas that may deserve to be protected. By Sardà, J.M.G. and Domínguez-Carrió, C. Ed. RAC/SPA, Tunis. 64pp.

EL CATXALOT (*Physeter macrocephalus*) A L'ÀMBIT DEL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

**Luke
Rendell**

School of Biology, University of St. Andrews.
Sir Harold Mitchell Building, St. Andrews,
U.K.

**José M^a
Brotons.**

Asociación TURSIOPS,
Palma.

txemabrotons@asociaciontursiops.org

Rendell, L., Brotons, J.M. (2020). El catxalot (*Physeter macrocephalus*) a l'àmbit del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Des de l'any 2003, el seguiment acústic i per fotoidentificació de la població de catxalots al voltant de les Illes Balears, Balearic Sperm Whale Project (BSWP) que desenvolupen en col·laboració la Universitat de St. Andrews i l'associació TURSIOPS, ha mostrat que les aigües profundes del sud i est de Cabrera, són un hàbitat crític per a aquesta espècie, tant per la elevada densitat d'animals, com per la presència de mascles solitaris juntament amb grups socials de femelles amb cries. A la Mediterrània es troba classificada com "En Perill" per la IUCN, degut a la seva petita mida poblacional i a la seva vulnerabilitat a les amenaces antropogèniques. Una de les grans amenaces, a nivell mediterrani, per a aquests grans cetacis, són les col·lisions amb embarcacions, la qual ha pogut ser constatada al BSWP, amb la detecció d'individus amb danys provocats pels encontres amb vaixells. Es desconeix el nombre total d'animals que perden la vida per aquest motiu i si els que sobreviuen, poden patir canvis a la taxa de fecunditat i com afecta, aleshores, al creixement de la població. A més, l'actitud d'aquests animals d'evitar àrees de densitat de tràfic alt, pot ocasionar problemes de conservació, si aquest tràfic ocorre a regions d'hàbitat crític com a les aigües que envolten Cabrera.

Paraules clau: *catxalot, acústica, fotoidentificació, col·lisions, hàbitat crític, Cabrera*

ABSTRACT

The Balearic Sperm Whale Project (BSWP) is a research collaboration between the University of St Andrews and Asociación TURSIOPS that has been studying the population of sperm whales that uses the deep waters to the south and east of Cabrera since 2003. Using acoustic tracking and photo-identification methods the research has shown that these waters are a critical habitat for this species, evidenced by both high densities and also the presence of both mature males and female social groups with calves. The Mediterranean sperm whale population is classified as "Endangered" by the IUCN because of its small size and vulnerability to anthropogenic threats. One of the gravest threats facing these large whales is being struck by ships, as documented by the BSWP with photographic records of individuals carrying visible injuries resulting from non-lethal collisions. It is however unknown how many animals fall victim to lethal collisions each year, and for those that are injured but survive, the effect of the injury on their fecundity and the subsequent cumulative impact on population growth are also unknown. Furthermore, the mere presence of high levels of maritime traffic can cause conservation issues if it causes animals to vacate critical habitat areas such as the waters around Cabrera.

Keywords: *Sperm whale, acoustics, photo-identification, ship strike, critical habitat, Cabrera*

INTRODUCCIÓ

Des de 2003, el Balearic Sperm Whale Project (BSWP), projecte en col·laboració entre la Universitat de St. Andrews i l'associació TURSIOPS, ha estudiat la població de catxalots al voltant de les Illes Balears. Al llarg d'aquest temps, el projecte ha demostrat que les aigües del sud i est de Cabrera són un hàbitat crític per a la població mediterrània de l'espècie considerada "En Perill" per la IUCN per la seva discreta mida i vulnerabilitat a una àmplia gama de amenaces antropogèniques que són particularment intenses a un fortament industrialitzat i explotat Mediterrani (Rendell i Frantzis, 2016).

El catxalot (*Physeter macrocephalus*) és un cetaci d'aigües pelàgiques que es troba, típicament, a batimetries de 1.000 metres o més, on s'alimenta a profunditats de varis centenars de metres de calamars, principalment, malgrat també pugui incloure a la seva dieta diferents espècies de peixos. La població mundial s'estima, actualment a uns 360.000 individus (Whitehead, 2002). La seva distribució inclou aigües profundes de tots els oceans, des del tròpic, on es concentren els grups socials de femelles, subadults i cries fins als 70° de latitud, on es poden trobar únicament mascles (Rice, 1989). Malgrat que, segurament, existeixen molts de factors subjacents al seu èxit ecològic, dos destaquen en particular. El primer és el gran desenvolupament del seu sistema de producció i recepció de so: el sistema de sonar més intens del regne animal, capaç de produir polsos altament direccionals i extremadament potents, de fins a 229 dB mesurats a un metre (Møhl *et al.*, 2000, Zimmer *et al.*, 2005), que els catxalots empren per prendre coneixement del seu entorn i detectar i perseguir la seva presa (Miller *et al.*, 2004). El segon, és el seu comportament social, amb relacions estables a llarg termini i una estructura jeràrquica de múltiples capes ben organitzada. La evolució d'aquesta estructura social s'ha vinculat amb la incapacitat de busseig profund de les cries, que les deixa vulnerables a superfície, mentre llur mares s'alimenten (Whitehead, 2003).

El coneixement a la Mediterrània sobre el catxalot es remunta a Aristòtil (Aristotle, 2004), que malgrat no fes cap referència a la ubicació exacta de les seves observacions, probablement fossin al nord del mar Egeu, a la Península de Chalkidiki, on encara es poden observar. Emperò, des d'aquell temps, la recerca sobre catxalots s'ha desenvolupat a altres regions, especialment a l'est del Pacífic Tropical (Whitehead, 2003), mentre que la Mediterrània es quedava enrere. Als darrers anys, diferents iniciatives, una d'elles el BSWP, han permès que els coneixements sobre l'espècie al Mare Nostrum s'hagin incrementat notablement.

Les evidències indiquen que la dieta del catxalot a la Mediterrània és basa, quasi exclusivament, en calamars. A molt rares ocasions poden incorporar diferents espècies de peixos o de pops. Per exemple, De Stephanis *et al.* (2008) identificaren becs de calamar a l'estomac d'un individu encallat a les costes espanyoles. En termes generals, es pot considerar que el catxalot actua a la Mediterrània com a la resta dels oceans alimentant-se de calamars meso-pelàgics. L'accés limitat a aquest recurs per part de l'activitat pesquera ha estat, certament, una gran avantatge per a la supervivència de la espècie a les nostres aigües, ja que l'ha aïllat de la degradació sostinguda patida a altres biotes, amb un 85% dels estocs de peixos avaluats sobreexplotats (Colloca *et al.*, 2013).

Existeixen evidències, derivades del seguiment per fotoidentificació, de que la població de catxalots de la conca occidental de la Mediterrània presenta un alt dinamisme, ja que s'han documentat moviments entre les Illes Balears, el mar Lligur i el Golf de Lleó, viatges de més de 400 km, realitzats en menys d'un mes i dues anades i tornades, d'un mateix individu, entre Ligúria i Balears entre agost 1999 i juliol 2004 (Drouot-Dulau i Gannier, 2007). Mitjançant una comparació múltiple de catàlegs d'identificació, inclosos els nord atlàntics i de la trinxera hel·lènica, amb els individus identificats a l'Estret de Gibraltar, es comprovà que 15 de 47 (32%) dels animals albirats a l'Estret s'havien observat a altres punts de la conca occidental, amb una distància màxima entre recaptures de 1.600 km (Carpinelli *et al.*, 2014). L'anàlisi de moviments de 180 individus fotoidentificats a 3 estudis a llarg termini a la part nord de la conca occidental, estimà un rang de moviment típic d'uns 1.000 km, molt similar a les estimes obtingudes a estudis en el Pacífic (Whitehead, 2001), amb moviments anuals tipificats al voltant dels 400-600 km. Al treball de Rendell *et al.* (2014), es documentaren també moviments múltiples entre àrees de concentració al voltant de les Illes

Balears i la Mar de Ligúria (Fig. 1). Conjuntament, tots aquests resultats, mostren clarament que els catxalots es mouen lliurement al si de la conca occidental sencera, malgrat cal considerar un buit crític d'informació les aigües del nord d'Àfrica i les compreses entre les Balears i Algèria i Sardenya/Sicília.

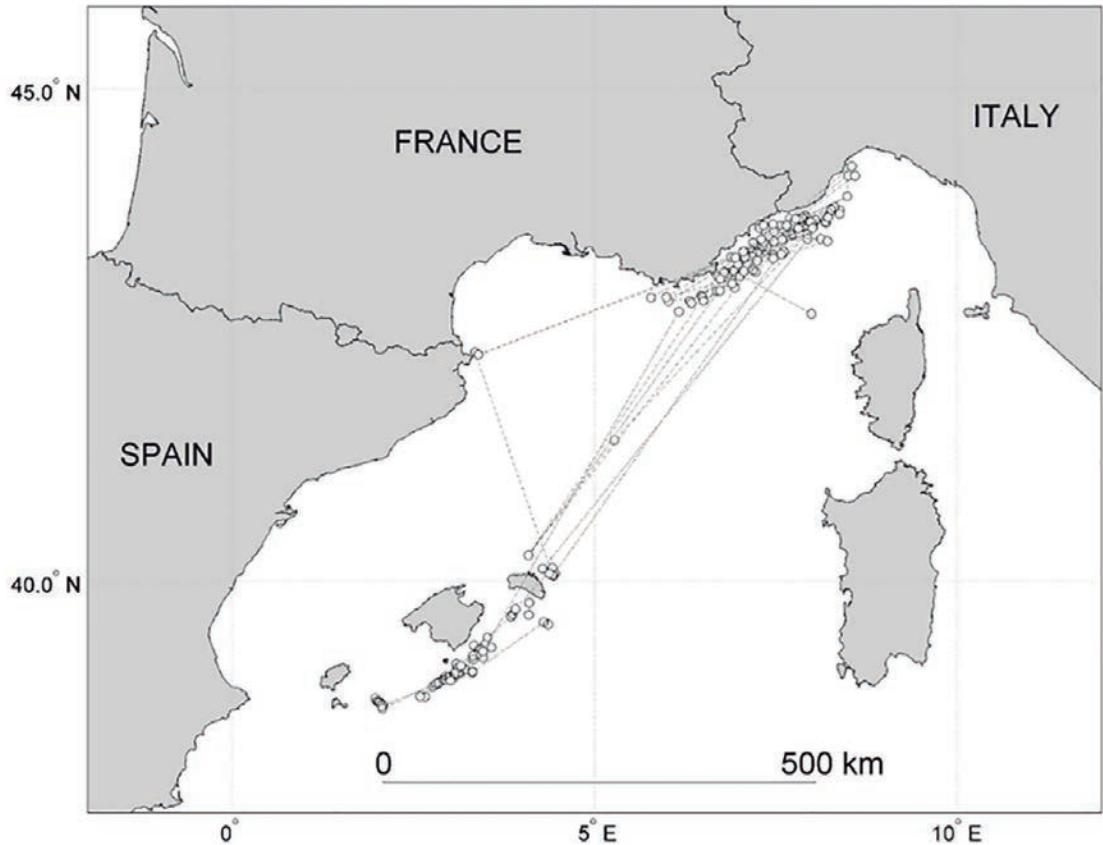


Figura 1. Moviments dels catxalots albirats més d'un any. La localització de l'albirament ve marcada amb o, i les línies discontinues lliguen les identificacions del mateix individu, Rendell *et al.*, 2014.

És molt complex mesurar amb exactitud la mida d'una població de catxalots, tot considerant que els mostrejos són limitats al temps a l'igual que la cobertura espacial i l'esforç de mostreig. Mitjançant l'anàlisi de 507 fotos d'ales caudals a tota la conca occidental, s'identificaren, entre 1990 i 2008, un total de 180 individus i es pogué estimar la mida de la població, amb una àmplia varietat d'aproximacions analítiques a les que, a cap cas, el límit de confiança superior superà els 900 individus ni l'inferior baixà de 200, tot considerant el biaix de mostreig (Rendell *et al.*, 2014). Aquests estudis assenyalen l'encert d'avaluar la població de catxalot de la Mediterrània com "En Perill" a la llista vermella de la IUCN (Otero i Conigliaro, 2012).

MATERIAL I MÈTODES

Malgrat no dissenyar-se ni dedicar-se exclusivament a l'àmbit del Parc Nacional Marítim Terrestre de Cabrera (PNMTAC), les úniques dades robustes sobre la presència del catxalots a les aigües que envolten l'arxipèlag tenen tres orígens:

- » Les obtingudes als creuers de recerca dedicats als mesos d'estiu des de 2003 fins al 2018 (amb una aturada per manca de finançament en 2009-2011), del "Balearic Sperm Whale Project (BSWP)", projecte dirigit al monitoratge de l'espècie a les Illes Balears i desenvolupat per l'associació TURSIOPS i la Universitat de St. Andrews.
- » Un nombre reduït de transectes lineals acústics i visuals, a diferents estacions de l'any, realitzats per la mateixa associació TURSIOPS, als projectes ESTEMAR I y II, amb el suport de la Fundació Biodiversitat, al 2015 i 2016, que permeten considerar l'aspecte temporal.
- » Els registres acústics del fondeig a l'Emile Baudot d'un hidròfon estacionari al projecte desenvolupat per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears, "Estudi de la correlació entre la presència de cetacis i la contaminació acústica al sud-est de les Illes Balears".

La metodologia seguida als creuers del BSWP, es basa al seguiment acústic mitjançant hidròfon de rossec, mentre es realitza una navegació activa sense transectes dissenyats de manera sistemàtica, però amb ampli recobriment a les aigües profundes al voltant Mallorca i Menorca, així com el llevant i el sud de les Pitiüses (Brotons, 2015). La derrota de l'embarcació es registra amb el programa Logger d'IFAW (International Fund for Animal Welfare) connectat a una unitat de posicionament per satèl·lit (GPS12). L'hidròfon de dos components i 100 metres de llargària construït per Nauta, amb sensibilitat de -204dB re 1µPa i resposta fins als 130 kHz es desplega sempre que el vaixell s'ha considerat amb esforç i s'ha mantingut una escolta regular de 4 minuts cada 30 per tal de detectar la presència d'animals mitjançant la identificació dels seus "clics", molt característics.

Per tal d'aprofitar l'esforç de navegació, a les hores diürnes també es realitzà exploració visual constant, malgrat que, degut a la etologia de la espècie, els catxalots foren detectats majoritàriament via acústica. Una vegada detectats s'han monitoritzats fins al seu contacte a superfície tot emprant els programari ISHMAEL (Integrated System for Holistic Multi-Channel Acoustic Exploration and Localization) desenvolupat per la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) dels EEUU i Rainbow Click d'IFAW.

Només s'han considerat encontres aquells contactes acústics que han superat l'hora d'escolta o s'han confirmat visualment. Es pot ampliar detalls de la metodologia a Brotons (2015).

Per comprovar la importància a nivell ecològic per a diverses espècies de cetacis del llevant balear (Brotons, 2015, Pirota *et al.*, 2011), als projectes ESTEMAR I i II es definí des del sud de Formentera fins al nord de Fornells a Menorca, una àrea d'estudi de 5.210,13 mn² a partir de la distribució històrica d'albiraments de cetacis i la modelització de la presència de catxalots (Fig. 2). Per a la seva cobertura es realitzaren 3 campanyes al 2015 i 2 al 2016, de transecte lineal i acústic, fraccionades per un mostreig estratificat per subàrees a partir de la metodologia "Distance Sampling" per a la obtenció d'estimes de les espècies de cetacis detectades.

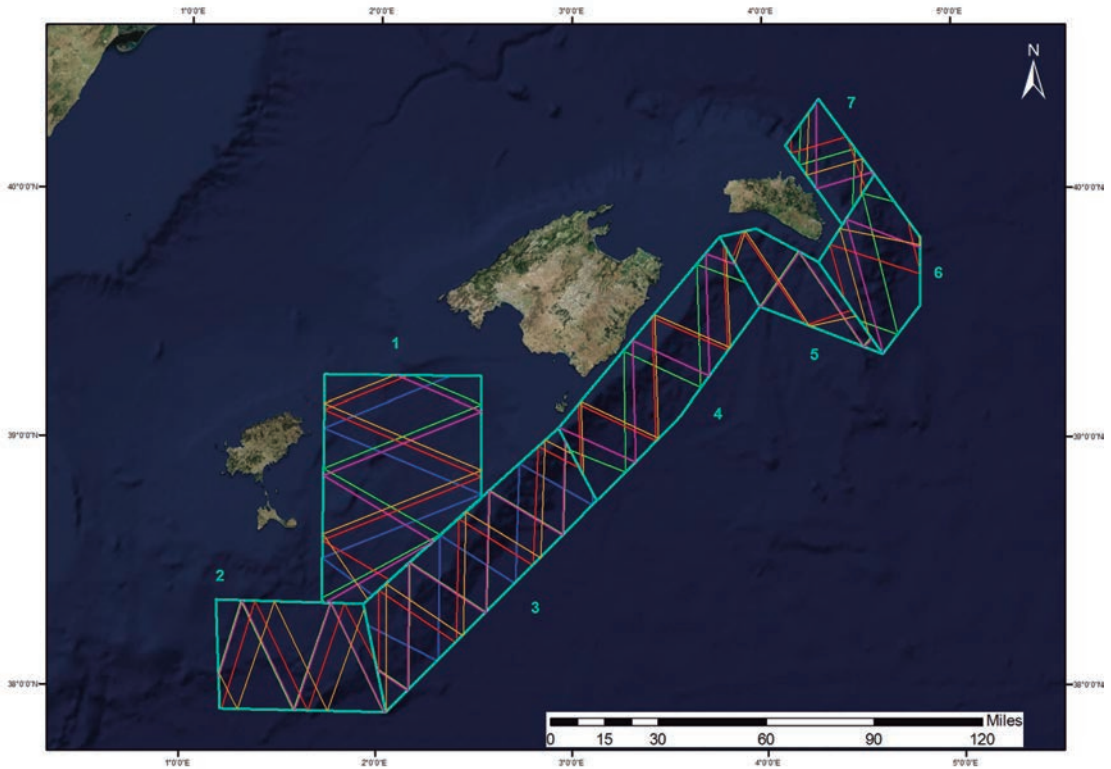


Figura 2. Zona d'estudi dels projectes ESTEMAR I i II i disseny per "line-transect" per a la seva cobertura.

La teoria del "Distance Sampling" (Buckland *et al.*, 2005) tracta d'abordar el problema de la estima de poblacions discretes distribuïdes a grans zones, tot tenint en compte que en ocasions no tots els objectes d'estudi són detectables i que l'àrea d'estudi de la mostra no es coneix a priori. La metodologia del "Distance Sampling" es basa en registrar la distància perpendicular entre cada objecte d'estudi detectat i el transecte o punt on es mostreja. Una vegada finalitzat el mostreig, i a partir de la distribució de freqüències de les distàncies perpendiculars obtingudes, es calcula, mitjançant l'ajust matemàtic, la denominada "funció de detecció".

Atesa la importància de la zona per a l'ecologia del catxalot a la Mediterrània (Pirota *et al.*, 2011, Rendell *et al.*, 2014) i de la valuosa informació que es pot derivar del seguiment per a fotoidentificació, quan al desenvolupament de la metodologia "line-transect" era detectat un individu o grup de l'espècie, s'ha procedit a la monitorització acústica fins al contacte visual, de forma anàloga a les campanyes del BSWP, pel que, de certa forma, les dades són assimilables conjuntament.

L'àrea d'estudi dels projectes ESTEMAR compren les aigües profundes del tal·lus del llevant de les Illes Balears. Per facilitar el disseny dels transectes i comprovar diferències a mesoescala, l'àrea d'estudi es va subdividir en 7 blocs (Fig. 2), dos dels quals, números 3 i 4, inclouen les aigües de l'escarpament Baudot contigües al PNMTAC.

Les campanyes per "line-transect" dels projectes ESTEMAR s'han nodrit de les dades obtingudes per dues metodologies, acústica i visual, que, emprades conjuntament, suposen una important innovació a aquest tipus de treballs.

El procés de presa de dades del mostreig visual es va modificar lleugerament respecte de l'emprat a altres estudis tipus (Cañadas i Hammond, 2008). A l'esforç visual, dos observadors experimentats

es situaren a la proa del vaixell, a 1.5 m d'alçada sobre el nivell de la mar, un a cada banda, cobrint els 90 graus del seu camp de visió des de proa, fins a cada costat respectivament, fent un especial esforç a la zona compresa entre els 0 i 45 graus, per assegurar l'assumpció 1 de la metodologia: "tots els objectes d'estudi situats a una distància perpendicular 0 son detectats amb una probabilitat de 1". L'esforç visual es dugué a terme únicament amb les condicions adequades: força de vent ≤ 3 a l'escala Beaufort, mar de fons ≤ 2 metres i visibilitat ≥ 2 milles nàutiques. Un tercer investigador fou l'encarregat de registrar a un ordinador portàtil a temps real, les dades referents a les observacions detectades com a les variacions a les condicions d'avistabilitat mitjançant el programa Logger 2010 (Gillespie *et al.*, 2011).

A cada albirament, els observadors estimaren angle i distància radial amb respecte a la proa del vaixell. Per a l'estima del angle, s'emprà un angulòmetre construït a tal efecte i col·locat en línia amb la proa. L'estima de la distància radial es realitzà a vista, després d'exercicis d'entrenament. A més de les dades d'angle i distància, s'anotaren dades referents a l'albirament com senyal de detecció, espècie, mida de grup, direcció de desplaçament, comportament, reacció davant la presència del vaixell i presència de cries.

En relació a l'esforç, es registraren les següents variables: força del vent, alçada i direcció de les ones, intensitat i angle de cobertura del reflex de la llum solar, visibilitat i avistabilitat. Aquestes dades s'anotaren cada 30 minuts o cada vegada que alguna d'elles canviava.

Degut a la dificultat d'estimar la mida de grup mitjançant acústica, excepte al cas del catxalot, aquesta metodologia només es va fer servir per a aquesta espècie. L'equip emprat fou molt similar a l'emprat al BSWP i el componia: un hidròfon de rossec de 2 components i 80 metres de llargària, amb sensibilitat -204 dB re 1 μ Pa i resposta fins als 130 kHz i pre-filtre de baixa freqüència dinàmic, un amplificador amb filtre dinàmic de baixes, una digitalitzadora acústica TASCAM US-366 amb taxa de mostreig de fins a 192 kHz i un ordinador portàtil amb el programa PAMGUARD (Gillespie *et al.*, 2008). La distància perpendicular fou estimada a partir de l'eina "Target motion analysis" incorporada al programa PAMGUARD, que permet calcular la distància a la que es troba un animal a partir d'un tren de "clicks" prou nombrosos i estable a un cert període de temps.

Per a les estimes de densitat s'ha emprat el mètode CDS: "Conventional Distance Sampling method" (Buckland *et al.*, 2005).

L'estima de mida de grup s'ha calculat amb el mètode de regressió emprat per defecte pel CDS, una regressió entre la mida de grup observada i la distància perpendicular para estimar la mida de grup mitjana de la població, que seria el valor mitjana esperat a distància perpendicular 0. Aquesta aproximació redueix el biaix als casos on, a les distàncies llargues, els grups més petits tenen menor probabilitat de ser detectats que els grups grans.

La selecció final del model s'ha basat al criteri AIC-Akaike Information Criterion (AIC), els resultats dels test "qq-plot" i de bondat d'ajustament (chi-square, Kolmogorov-Smirnov i Cramer-von Mises).

El coeficient de variació es calculà mitjançant l'anomenat "mètode delta", el qual te en compta, de manera conjunta, els coeficients de variació de la funció de detecció, de la taxa d'encontre i la mida de grup.

El mostreig acústic estàtic consisteix en el fondeig permanent d'instruments de gravació autònoma que permeten la identificació de les espècies i, alhora, el registre del renou ambient. Aquest sistema presenta un bon grapat d'avantatges: és independent de les condicions meteorològiques, augmenta extraordinàriament l'esforç temporal, obté mesures reals de renou en ser independent d'un vaixell i no necessita de campanyes de mostreig amb embarcacions com fins fa pocs anys. A l'*Estudi de la correlació entre la presència de cetacis i la contaminació acústica al sud-est de les Illes Balears*, es mantingué un hidròfon, a aquest cas un EAR, fondejat als voltants acústics del PNMTAC.

L'EAR és un dispositiu dissenyat per al registre periòdic de senyals d'àudio submarines i el seu emmagatzemament a un disc dur. Actualment, els nombrosos treballs publicats i el valor de les dades contingudes (Castellote *et al.*, 2012a, Castellote *et al.*, 2012b, Lammers *et al.*, 2008, Lammers *et al.*, 2011) assenyalen a l'EAR com a una potentíssima eina per a l'estudi dels cetacis i de l'energia acústica al medi marí.

El seu disseny més compacte i lleuger que la majoria d'instruments del mercat faciliten la logística del fondejat i la seva recuperació. A més, resulten més econòmics. Desenvolupat pel NOAA Fisheries, Pacific Islands Fisheries Science Center i el OSI (Oceanwide Science Institute) de Hawaii, EEUU, pot programar-se mitjançant una "interface" pròpia amb els diferents paràmetres segons l'objectiu final de la seva instal·lació. És un instrument d'uns 8 kg de pes, de forma cilíndrica, de 60 cm de longitud i 20 de diàmetre. El contenidor, d'alumini, es troba envoltat per un disc de flotació i presenta un extrem de polímer plàstic extraïble on s'ubica l'hidròfon i un interruptor magnètic per a l'activació i desactivació del instrument. Internament, l'instrument consta de varis mòduls per a l'adquisició de la senyal: un convertidor analògic-digital, una memòria flash, un disc dur de 320 Gbytes i un equip de bateries. L'EAR no inclou cap mecanisme d'alliberació i, per al seu fondejat, cal afegir un alliberador acústic a la línia de fondeig. La programació del gravador es fa des d'un ordinador portàtil connectat per port USB a l'enregistrador abans del seu tancament estanc.

Els EAR poden mostrejar a una velocitat de 64.000 Hz, cosa que dona un ample de banda efectiu de 32.000 Hz. Com que l'objectiu del projecte, malgrat tenir certes espècies com a prioritàries, pretenia ser exhaustiu, es decidí que el protocol de gravació fos el més alt suportat per l'aparell. Tot cercant l'equilibri entre reduir les visites de manteniment pel canvi de bateries i descàrrega de disc durs, i el perill de pèrdua d'informació en cas de mal funcionament o extravii del fondeig, s'establí un protocol de manteniment cada 3 mesos.

Amb aquestes premisses, el màxim mostreig suportat pel hardware era de 240 segons per cada 1.800 s. És a dir, 4 minuts de gravació cada mitja hora.

La unitat EAR s'ha fondejat mitjançant una línia de fondeig composta per dos morts de 40 kg units mitjançant 2 metres de cadena, lligats per 2 metres de corda a un alliberador acústic Sonardyne Type 7986 Lightweight Release Transponder (LRT). Aquest s'ha unit amb 2 m de corda, a la que s'ha afegit un flotador de 8 Kg per reduir el pes de l'alliberador, al gravador EAR (Fig. 3).



Figura 3. Línia de fondejat d'una unitat EAR.

L'operació de fondejat és senzilla: una vegada posicionada l'embarcació al punt escollit, el llast i l'EAR es despengen per la borda fins quedar submergits. Una vegada confirmat que l'instrument està actiu, s'allibera la corda d'amarrament i es deixa caure el conjunt per gravetat fins el fons. Una vegada al fons, es comprova la comunicació amb l'alliberador mitjançant una senyal de càlcul de distància.

Per a la recuperació, una vegada l'embarcació és a la posició, la unitat de superfície emet un senyal cap a l'alliberador, que aleshores abandona el llast i permet la pujada del conjunt fins a la superfície. Una vegada al vaixell es procedeix a l'obertura de l'aparell, canvi dels disc dur i bateries i fondejat de bell nou.

Els EAR graven el so en format binari (.bin). Els arxius registrats s'han extret del disc dur del gravador i s'han duplicat a discs externs, per a una doble anàlisi: presència de cetacis per un costat i renou ambient antròpic per una altra. A més, aquesta duplicitat funciona com a mesura de seguretat.

Els arxius binaris es processen amb el programa TRITON versió 1.7b.2010_1129_EAR desenvolupat per la SCRIPPS Institution of Oceanography de la Universitat de Califòrnia, per a la plataforma MATLAB (Mathworks Inc, EEUU). Aquest permet assignar data i hora local de l'inici i final de les diferents gravacions i transformar els arxius binaris a format d'àudio natiu (*ewave*) per a la seva anàlisi.

Posteriorment, s'ha procedit a dos tipus d'anàlisi, un per al renou i un altre per a la presència de cetacis.

Per a l'anàlisi per detectar la presència de cetacis, s'ha utilitzat la plataforma Pamguard (Open Source Software for Passive Acoustic Monitoring) de dues formes diferents. Per una banda, s'ha realitzat una anàlisi automàtica tot emprant detectors digitals molt efectius per al registre dels sons característics dels catxalots (Gillespie *et al.*, 2008, Lewis *et al.*, 2007) i altres odontocets. Així, es pot analitzar de forma semiautomàtica i eficient l'immens volum de dades que registren els EAR. A més, s'ha revisat manualment una part dels registres després de l'anàlisi automàtica, per tal de valorar el nombre i volum de la presència dels cetacis, comprovar falsos positius i en general, detectar esdeveniments que es puguin escapar als filtres automàtics.

L'anàlisi automàtica realitzada mitjançant el software Pamguard pretén fer un recompte de tots els sons assimilables a "clics" d'odontocets i a sons modulats d'aquests i del rorqual comú. Una vegada passat el filtre a un paquet d'arxius de so, que engloben per complet un fondejat, aquests "sons identificats" han de ser validats manualment perquè, per tal d'evitar que es perdin deteccions, els filtres deixen entrar el que s'anomenen "falsos positius". Un "fals positiu" és un arxiu que no pertany a les categories cercades però que el programa ho detecta com a tal. Tècnicament, d'aquesta forma, directament només han de reproduir-se els arxius que contenen sons classificats pel programa, facilitant la tasca d'identificació de la presència de cetacis a la zona.

La Fig. 4 mostra una captura de pantalla de l'anàlisi mitjançant Pamguard d'un fondeig. Al gran rectangle horitzontal superior es col·loquen petits rectangles verticals acolorits segons el nombre de "clics" comptabilitzats i la seva freqüència principal. Així, un rectangle blanc indica absència de polsos, i vermell una gran presència. Si s'acolorix a la part inferior, reflexa "clics" de baixa freqüència, mentre que a la part superior, són d'alta, entre un rang de 0 a 32 kHz.

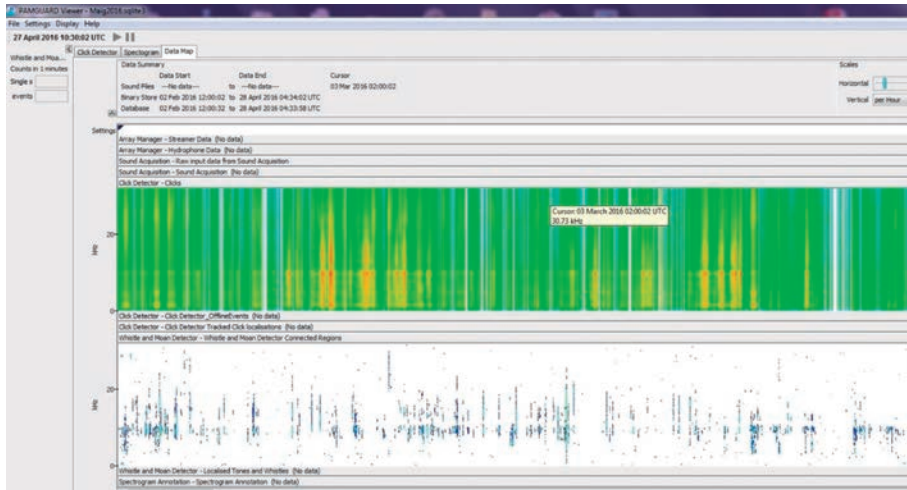


Figura 4. Pantalla de treball de la plataforma PAMGUARD.

Al rectangle inferior, i d'una forma anàloga als "clics", es mostren els sons modulats, com ara els xiulets o les cançons dels rorquals. De igual forma, si són sons de baixa freqüència, es veuen reflectits a la part inferior, i superior si són d'alta. La intensitat no es valora, pel que el color, només és signe de presència, ja que cada so, s'acoloreix de forma distinta al mateix espectrograma, per tal de fer-ho visible.

La línia temporal ve associada al eix X, de tal forma que el primer registre es troba al costat esquerre, i el darrer al costat dret. Aquest eix es pot escalar per tal de percebre de forma més precisa un moment concret, si bé, a la Fig. 4, es presenta, un fondeig complet, amb l'objectiu de presentar una visió global de la detecció positiva de cetacis.

Per a l'anàlisi manual també s'empra la plataforma Pamguard, amb la qual es realitza una anàlisi prèvia que permet, d'una manera semblant a l'anàlisi automàtica, distribuir els arxius a una línia temporal on es mostren de forma gràfica el sons presents a les respectives gravacions (Fig. 5).

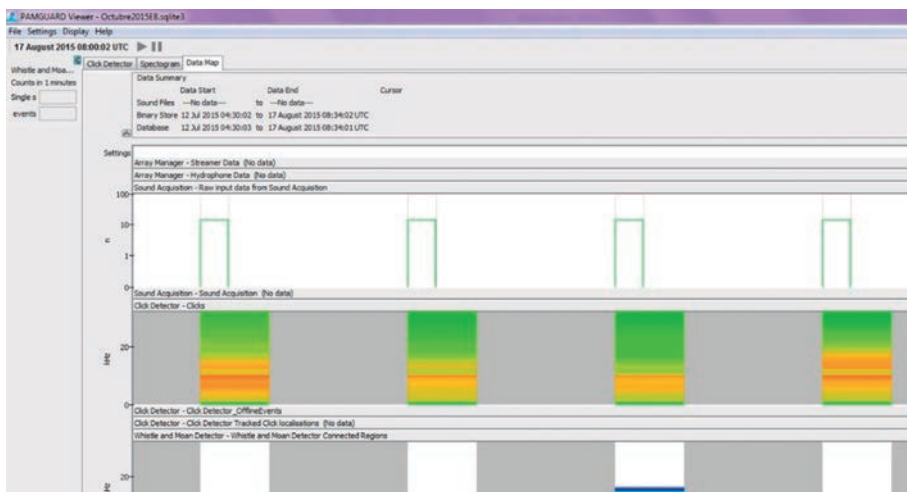


Figura 5. Línia temporal presència de so adquirit, "clics" i "xiulets" per a l'anàlisi manual.

A aquesta pantalla de feina, i a diferència de l'anàlisi automàtica (Fig. 4), es presenten tres rectangles horitzontals. Al superior es pot comprovar el volum de so enregistrat per arxiu, que permet, avaluar si la no presència és deguda a una baixa senyal de l'espectre.

Al rectangle central, cada columna representa la intensitat (segons color) dels sons polsats segons la seva freqüència (alçada a la columna).

I per finalitzar, al rectangle inferior, s'observen els diferents sons modulats enregistrats per freqüència.

A aquesta pantalla descrita s'han anat seleccionant els arxius (columnes) que presentaven característiques pròpies de sons atribuïbles a cetacis, que després s'han obert al mateix programa a través de les pestanyes "Click Detector" (Fig. 6) i "Spectrogram", segons fos sons polsats o modulats, on s'ha identificat la font. A la pantalla "Click Detector" es presenten tots els polsos de l'arxiu seleccionat, prefiltrats per a "Sperm whale" en color vermell i "Delphinid" en color lila. Els "clics" sense identificar s'acolorixen en negre. Per tal d'identificar el grup de polsos, es seleccionen aleatòriament i de forma individual un grapat d'ells, i segons la seva forma d'ona, s'han catalogat a les següents classes, segons la seva aparició:

1. *Stenella coeruleoalba* (dofi llistat).
2. *Tursiops truncatus* (dofi mular).
3. *Globicephala melaena* (cap d'olla).
4. *Physeter macrocephalus* (catxalot).
5. *PM i SC*.
6. No definit.
7. *SC més vaixell*.
8. *TT més vaixell*.
9. *PM més vaixell*.
10. *Vaixell*.

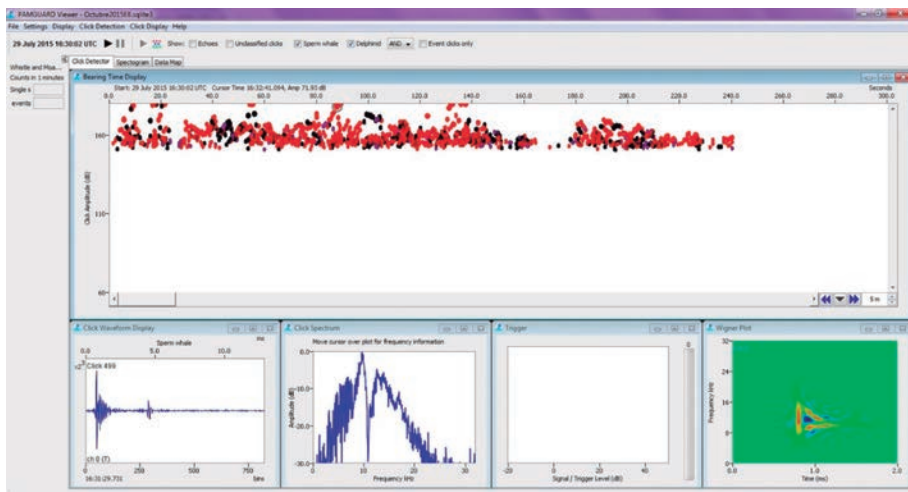


Figura 6. Pantalla d'anàlisi "Click Detector" amb un pols de catxalot seleccionat.

Cada esdeveniment s'ha valorat segons la magnitud del nombre de "clics" registrats entre 1 i 3, essent 3 la màxima activitat acústica i 1 la mínima presència. De forma excepcional, a les classes on apareixia el catxalot (*Physeter macrocephalus*, PM i SC i PM més vaixell), s'ha calculat un nombre mínim, màxim i millor del nombre d'individus de la espècie tot analitzant per complet la gravació i segons els IPI ("InterPulse Interval", Antunes *et al.*, 2010) trobats.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Els catxalots són animals d'una alta mobilitat (Whitehead, 2001, Whitehead i Rendell, 2004), fins i tot al relativament restringit Mediterrani (Carpinelli *et al.*, 2014, Rendell *et al.*, 2014). Les aigües que envolten l'arxipèlag de Cabrera, són, per tant, insuficients per incloure per complet l'àrea de campeig de qualsevol segment de la població, però, observant les densitats a les que són albirats a l'escarpament del sud i est del PNMTAC (Fig. 7) resulta obvi que l'àrea és una part important de l'hàbitat per aquesta població. A la zona s'han albirat tant mascles com grups de femelles amb subadults i cries.

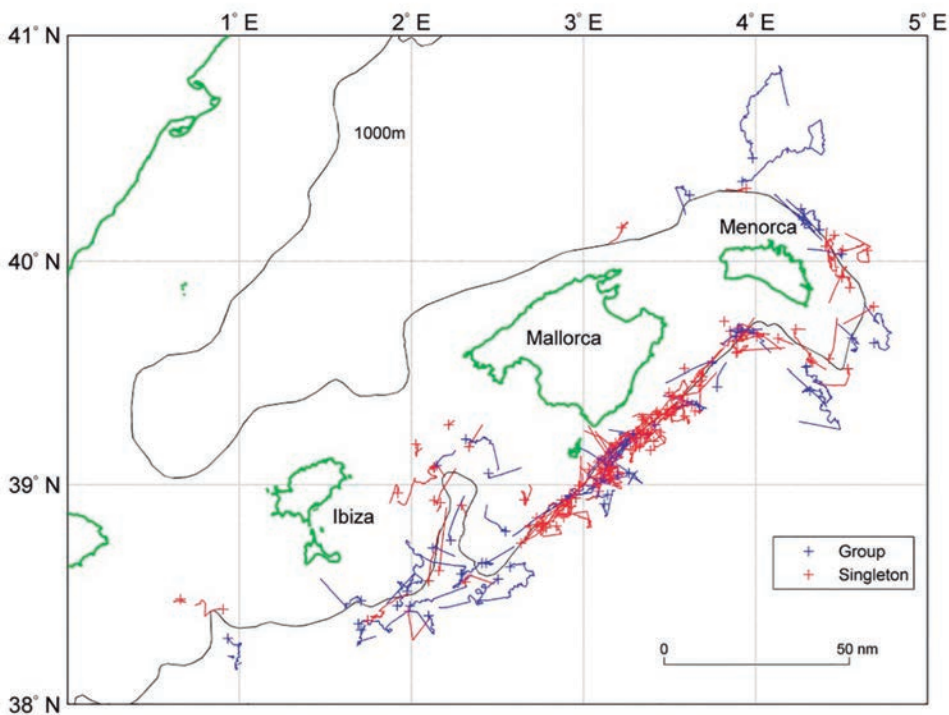


Figura 7. Posicions dels encontres i seguiment dels catxalots detectats entre 2003-2016 al voltant de les Illes Balears. Les cruces indiquen el punt inicial i les línies el seguiment.

El catàleg actual del BSWP conté 125 animals individualment marcats (Fig. 8), però aquest nombre no es pot considerar com un cens complet de la població que empra aquestes aigües, ja que probablement una part molt significativa de la població de la Mediterrània occidental utilitzarà les aigües de Cabrera a qualche moment de les seves vides (Brotons, 2015) i, aquests moments, poden implicar processos de vida crítics com la reproducció i criança, atesa la presència de ambdós sexes i cries a l'àrea.

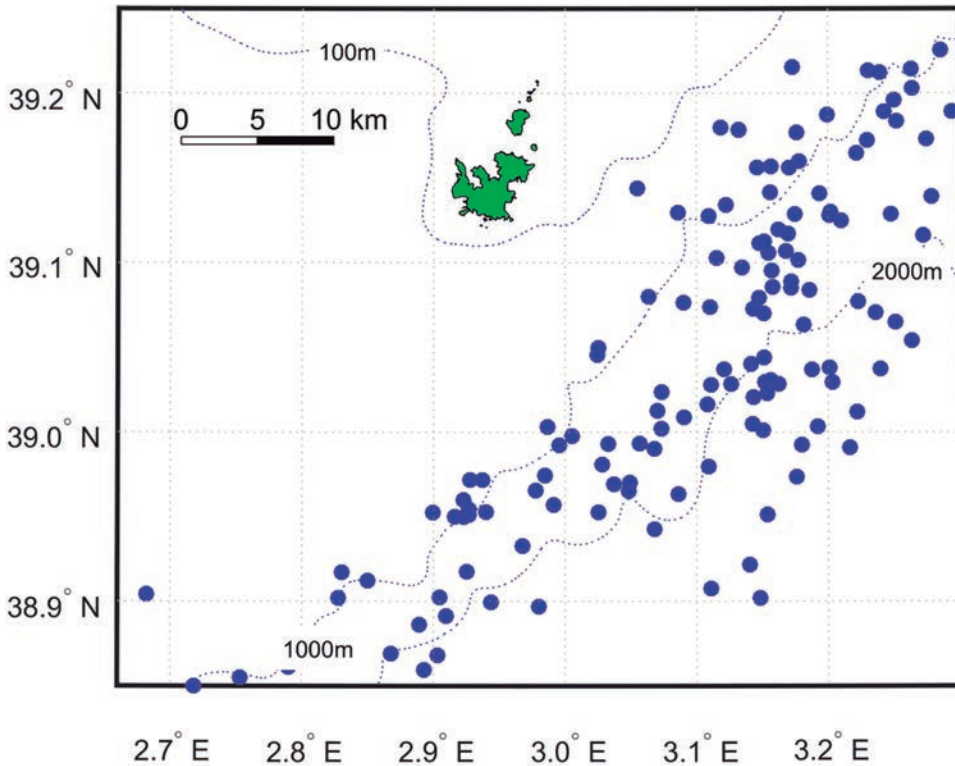


Figura 8. Localització dels catxalots identificats a l'entorn de Cabrera entre 2003 i 2016. Cada punt correspon a la situació de un o més individus contactats en superfície després del seu seguiment acústic. Els contorns de profunditat s'han acolorit en blau.

Les dades obtingudes als projectes ESTEMAR I i II, i exigides per la metodologia del “distance sampling” per la que és necessari disposar d'un nombre suficients d'albiraments per obtenir un nivell de bondat suficient a la funció de detecció, només varen permetre l'anàlisi per a l'estima d'abundància de les deteccions visuals de dofí llistat i les acústiques de catxalot. Tot considerant que la població de dofí llistat és la més nombrosa de totes les poblacions de cetacis presents a la Mediterrània, el fet que només d'aquest i del catxalot es fessin deteccions suficients pel càlcul de la mida poblacional present a les Balears, és indicatiu de la importància d'aquestes aigües a l'ecologia del darrer.

Per a l'estima de l'abundància de catxalots s'analitzaren un total de 78 deteccions acústiques, 46 a les campanyes de 2015 i 32 al 2016. L'ampla de banda efectiu obtingut a partir de la funció de detecció fou de 4,0575 (%I.C.=12,41) i la mitjana de la mida de grup 1,33 (%I.C.=6,57). Les densitats trobades varien entre 0,00581 ind./km² per al mes d'octubre de 2016 i de 0,00234 ind./km² per al mateix mes de 2015, és a dir, una variabilitat anual de 2,48. Emperò, al febrer-març, la variació interanual fou únicament de 1,24 i a la inversa, més abundant al 2015. Sembla ser, aleshores, que no existeix una estacionalitat marcada de la presència del catxalot a l'àrea i que l'ús del llevant de l'arxipèlag Balear (Cabrera inclosa) és continu.

Malgrat que, per zones, al bloc 3 (Fig. 2), vora Cabrera, el catxalot sembla ser més freqüent, l'alta incertesa derivada del coeficient de variació no permet afirmar-ho.

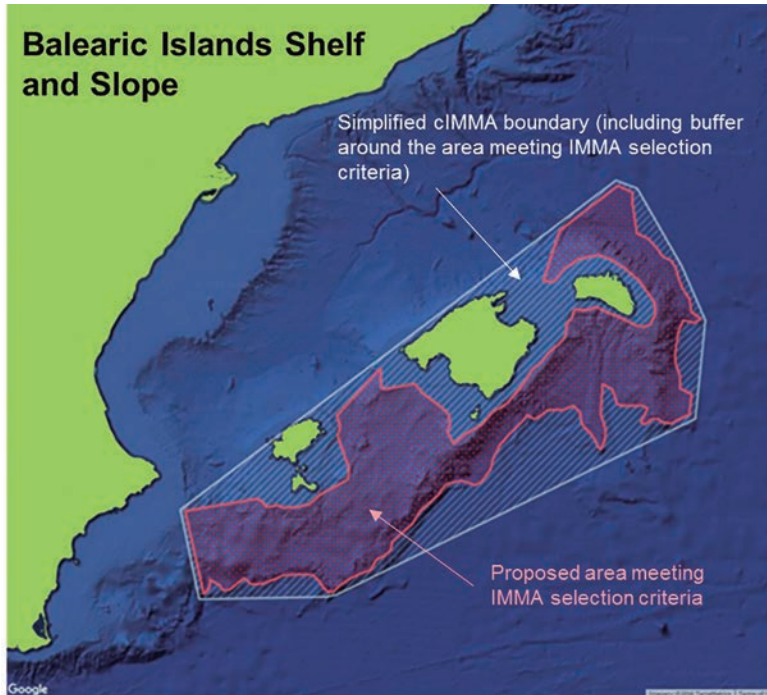


Figura 9. Àrea marina IMMA, “Balearic Islands Shelf and Slope”.

Els projectes ESTEMAR I i II han permès constatar la presència de l'espècie a la tardor i l'hivern. Si històricament ja es coneixia la importància de l'àrea a l'estiu (Pirotta *et al.*, 2011, Rendell *et al.*, 2014) i es defensava la necessitat de protegir l'àrea en cas de constatar la seva presència durant tot l'any (Brotons, 2015), els resultats d'aquestes campanyes confirmen aquest fet i haurien de ser la base pel desenvolupament d'un pla de gestió per a la protecció del catxalots a les aigües de Balears en general i de l'àrea que envolta Cabrera específicament.

La qualitat de les dades recollides mitjançant el seguiment acústic passiu a l'Emile Baudot (*Estudi de la correlació entre la presència de cetacis i la contaminació acústica al sud-est de les Illes Balears*) permet concloure sense cap gènere de dubte, que la presència del catxalot a les Illes Balears és permanent i que per tant, i tal com avançaven altres estudis (Brotons, 2015), és necessari i urgent la creació d'una àrea marina protegida per a la gestió de la espècie, catalogada com *en perill* per la IUNC a la Mediterrània (Otero i Conigliaro, 2012). A partir d'aquesta informació, la zona, denominada "Balearic Islands Shelf and Slope", es va declarar IMMA (Important Marine Mammal Area) a proposta de TURSIOPS, la Universitat de St. Andrews, la Universitat de l'Estat de Washington i el Groupe de Recherche sur les Cétacés (Fig. 9), pel que qualsevol acció presa en pro de protegir la zona, seria de gran importància per a la conservació de la població i la cultura mediterrània del catxalot.

Cal considerar que a un 54% dels registres acústics estàtics a les proximitats de Cabrera s'han pogut identificar “clics” de diferents orígens i que d'aquests, les identificacions de catxalots representen un total del 42,75%. Si es sumen a les classes que inclouen també la seva presència però amb companyia d'altres identificacions (PM i SC i PM més vaixell), s'ha enregistrat la espècie al 47,69% dels registres. Si es compara amb la identificació d'altres classes, la presència del catxalot és el 88% de tots els esdeveniments, essent el cetaci amb major presència a la zona.

Així mateix, no només és la presència contínua de deteccions de catxalot la que fan important aquesta àrea. Cal anotar que, al voltant d'un 30% dels registres de presència, pertanyen a un grup de dos o més individus i que han pogut ser enregistrades “codas” de comunicació. Això significa

que hi ha un ús compartit de la zona per mascles solitaris i grups socials de femelles, subadults i cries, amb la conseqüent importància de l'àrea a la reproducció de la espècie a la Mediterrània.

La presència geogràfica desigual dels grups socials de catxalots és un fet identificat arreu del món (Whitehead, 2003). A les Balears, malgrat trobar-se ambdós grups (mascles solitaris i grups socials), aquests no ho fan per igual a totes les zones, tal i com es pogué comprovar a les campanyes ESTEMAR, on es detectà una major presència de cries a les zones 1, 3 i 7 (Fig. 2), dues d'elles, al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera.

Els grans cetacis que habiten la Mediterrània són particularment susceptibles de patir una col·lisió amb una embarcació, degut a l'alta densitat de rutes que creuen zones profundes sensibles. Les conseqüències d'aquestes són, sovint, fatals. La segona meitat del segle passat ha vist expandir de forma vertiginosa el transport marítim que travessa el Mare Nostrum. Actualment 220.000 vaixells de més de 100 tones de registre creuen aquesta mar cada any. Una mar que, malgrat representar només el 0,8% de la superfície marina de la terra, a la darrera dècada s'estimà que hi passaren el 30% dels grans vaixells de mercaderies i un 20% de bucs cisterna amb derivats de petroli. El nombre total de grans bucs de mercaderies que a qualsevol moment el navega és major de 2.000. A més, s'ha de contar amb 9.000 altres vaixells comercials, entre els que hi ha transbordadors, transbordadors ràpids i "hidrofoils" i un exercit incomptable de petites embarcacions de pesca, turisme i oci, que diàriament naveguen les aigües de la Mediterrània occidental. Resulta extraordinàriament difícil conèixer amb exactitud el nivell de mortalitat associat a les col·lisions amb embarcacions car una gran quantitat de víctimes no arriben a costa i, per tant, no queda constància. Aquest problema s'ha identificat a altres zones, com a Canàries, definida com un hàbitat embornal atractiu (Fais *et al.*, 2016), on s'estima que la mortalitat per col·lisions pot superar el nombre de catxalots produïts per any.

A les campanyes del BSWP s'han albirat un nombre important d'individus amb danys d'origen probable a un encontre amb un gran vaixell (Fig. 10). Es desconeix, ara per ara, com la supervivència amb aquestes lesions pot alterar la taxa de fecunditat i associat a aquest fet, al creixement de la població, ja minvat per les mort directes pel mateix fet. Aquestes col·lisions són i és una de les importants raons per la que la IUCN l'ha catalogat com *en perill* (Otero i Conigliaro, 2012). També deu considerar-se que encara que l'animal eviti l'encontre, els catxalots, a l'igual que molts d'altres cetacis, s'allunyen de les àrees de alta densitat de tràfic marítim (Campana *et al.*, 2015), el que pot ocasionar problemes de conservació si aquest tràfic coincideix a regions d'hàbitat crític com les que envolten Cabrera. Els catxalots, degut al seu cicle de vida i lent ritme reproductiu, són molt vulnerables a la mortalitat produïda per causes externes i que la mida poblacional de la conca mediterrània occidental es discreta, al voltant de 400 exemplars (Rendell *et al.*, 2014). Tots aquests factors plegats, podrien suposar que les morts derivades dels atropellaments ocorreguts a l'àmbit Balear, posin en perill la supervivència de l'espècie.



Figura 10. Catxalot albirat amb marques de col·lisions.

En teoria, els problemes de mortalitat derivats de les interaccions catxalots-navegació pot ser mitigat mitjançant restriccions moderades a la velocitat i amb la redirecció del tràfic marítim, però aquestes mesures són complexes d'aplicar. De fet, a Espanya només s'ha imposat una restricció d'aquest tipus, a l'Estret de Gibraltar, on els ferris d'alta velocitat suposen un risc de col·lisió important (Abdulla, 2008). Donat que cada restricció du associada un impacte econòmic, l'Organització Marítima Internacional (IMO), malgrat que es troba compromesa amb la conservació, requereix de dades científiques robustes per proposar canvis de ruta o reduccions de velocitat. Es tracta, per tant, d'una prioritat vital per a la conservació de la població mediterrània de catxalots que empren les aigües al voltant de Cabrera, realitzar estudis dirigits a identificar les àrees d'habitat crític per tal que el tràfic marítim pugui ser apropiadament redirigit.

AGRAÏMENTS

Amb més d'una dècada d'embarcaments per al seguiment de catxalots a les Illes Balears, s'acumulen les persones i institucions que, d'una forma a una altra, han permès el desenvolupament del BSWP. Des dels estudiants de St. Andrews que han col·laborat amb l'anàlisi de les dades fins els ecovoluntaris que amb el seu donatiu i feina a bord, han desenvolupat les campanyes, simplement, gràcies a tots i cadascun d'ells.

REFERÈNCIES

- Abdulla, A., 2008. *Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and mitigation measures*: IUCN.
- Antunes, R., Rendell, L. i Gordon, J., 2010. Measuring inter-pulse intervals in sperm whale clicks: Consistency of automatic estimation methods. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(5): 3239-3247.
- Aristotle, 2004. *Αριστοτέλης Άπαντα 15. Των περι τα ζώα Ιστοριών*: Cactus Editions.
- Brotans, J., 2015. Catxalots a Balears: una cultura amenaçada. *Monografia de la SHNB*, 20 (Llibre verd de protecció d'Espècies a les Balears.): 326.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. i Laake, J.L., 2005. *Distance sampling*: Wiley Online Library.
- Campana, I., Crosti, R., Angeletti, D., Carosso, L., David, L., Di-Méglio, N., Moulins, A., Rosso, M., Tepsich, P. i Arcangeli, A., 2015. Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea. *Marine environmental research*, 109: 1-8.
- Cañadas, A. i Hammond, P., 2008. Abundance and habitat preferences of the short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the southwestern Mediterranean: implications for conservation. *Endangered Species Research*, 4(3): 309.
- Carpinelli, E., Gauffier, P., Verborgh, P., Airoidi, S., David, L., Di-Méglio, N., Cañadas, A., Frantzis, A., Rendell, L., Lewis, T., Mussi, B., Pace, D.S. i De Stephanis, 2014. Assessing sperm whale (*Physeter macrocephalus*) movements within the western Mediterranean Sea through photo-identification. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(S1): 23-30.
- Castellote, M., Clark, C.W. i Lammers, M.O., 2012a. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biological Conservation*, 147(1): 115-122.
- Castellote, M., Clark, C.W. i Lammers, M.O., 2012b. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) population identity in the western Mediterranean Sea. *Marine Mammal Science*, 28(2): 325-344.
- Colloca, F., Cardinale, M., Maynou, F., Giannoulaki, M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido, J.M. i Fiorentino, F., 2013. Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and fisheries*, 14(1): 89-109.
- De Stephanis, R., Cornulier, T., Verborgh, P., Sierra, J.S., Gimeno, N.P. i Guinet, C., 2008. Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. *Marine Ecology Progress Series*, 353: 275-288.
- Drouot-Dulau, V. i Gannier, A., 2007. Movements of sperm whale in the western Mediterranean Sea: preliminary photo-identification results. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(01): 195-200.
- Fais, A., Lewis, T.P., Zitterbart, D.P., Álvarez, O., Tejedor, A. i Soto, N.A., 2016. Abundance and Distribution of Sperm Whales in the Canary Islands: Can Sperm Whales in the Archipelago Sustain the Current Level of Ship-Strike Mortalities? *PloS one*, 11(3), e0150660.
- Gillespie, D., Leaper, R., Gordon, J. i Macleod, K., 2011. An integrated data collection system for line transect surveys. *Journal of Cetacean Research and Management*, 11: 217-228.
- Gillespie, D., Gordon, J., McHugh, R., McLaren, D., Mellinger, D., Redmond, P., Thode, A., Trinder, P. i Deng, X.Y., 2008. PAMGUARD: Semiautomated, open source software for real-time acoustic detection and localisation of cetaceans. *Journal of the Acoustical Society of America*, 30(5): 54-62.
- Lammers, M.O., Brainard, R.E., Au, W.W., Mooney, T.A. i Wong, K.B., 2008. An ecological acoustic recorder (EAR) for long-term monitoring of biological and anthropogenic sounds on coral reefs and other marine habitats. *The Journal of*

- the Acoustical Society of America*, 123(3): 1720-1728.
- Lammers, M.O., Fisher-Pool, P.I., Au, W.W., Meyer, C.G., Wong, K.B. i Brainard, R.E., 2011. Humpback whale *Megaptera novaeangliae* song reveals wintering activity in the Northwestern Hawaiian Islands. *Marine Ecology Progress Series*, 423: 261-268.
- Lewis, T., Gillespie, D., Lacey, C., Matthews, J., Danbolt, M., Leaper, R. *et al.*, 2007. Sperm whale abundance estimates from acoustic surveys of the Ionian Sea and Straits of Sicily in 2003. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(01): 353-357.
- Miller, P.J., Johnson, M.P. i Tyack, P.L., 2004. Sperm whale behaviour indicates the use of echolocation click buzzes 'creaks' in prey capture. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 271(1554): 2239-2247.
- Møhl, B., Wahlberg, M., Madsen, P.T., Miller, L.A. i Surlykke, A., 2000. Sperm whale clicks: Directionality and source level revisited. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(1): 638-648.
- Otero, M.d.M. i Conigliaro, M., 2012. *Marine mammals and sea turtles of the Mediterranean and Black Seas*: IUCN.
- Pirotta, E., Matthiopoulos, J., MacKenzie, M., Scott-Hayward, L. i Rendell, L., 2011. Modelling sperm whale habitat preference: a novel approach combining transect and follow data. *Marine Ecology Progress Series*, 436: 257-272.
- Rendell, L. i Frantzis, A., 2016. Chapter Two-Mediterranean Sperm Whales, *Physeter macrocephalus*: The Precarious State of a Lost Tribe. *Advances in marine biology*, 75: 37-74.
- Rendell, L., Simião, S., Brotons, J., Airoidi, S., Fasano, D. i Gannier, A., 2014. Abundance and movements of sperm whales in the western Mediterranean basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(S1): 31-40.
- Rice, D.W., 1989. Sperm whale *Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758. *Handbook of marine mammals*, 4: 177-233.
- Whitehead, H., 2001. Analysis of animal movement using opportunistic individual identifications: application to sperm whales. *Ecology*, 82(5): 1417-1432.
- Whitehead, H., 2002. Estimates of the current global population size and historical trajectory for sperm whales. *Marine Ecology Progress Series*, 242: 295-304.
- Whitehead, H., 2003. *Sperm whales: social evolution in the ocean*: University of Chicago press.
- Whitehead, H. i Rendell, L., 2004. Movements, habitat use and feeding success of cultural clans of South Pacific sperm whales. *Journal of Animal Ecology*, 73(1): 190-196.
- Zimmer, W.M., Tyack, P.L., Johnson, M.P. i Madsen, P.T., 2005. Three-dimensional beam pattern of regular sperm whale clicks confirms bent-horn hypothesis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(3): 1473-1485.

EL DOFÍ MULAR (*Tursiops truncatus*) I ALTRES ESPÈCIES DE CETACIS A CABRERA: UNA ASSIGNATURA PENDENT

José M^a Brotons

Margalida Cerdà

Asociación TURSIOPS, Palma.

txemabrotons@asociaciontursiops.org

Brotons, J.M. i Cerdà, M. (2020). El dofí mular (*Tursiops truncatus*) i altres espècies de cetacis a Cabrera: una assignatura pendent. In: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

A partir de l'any 2000, i durant més d'una dècada, els estudis per conèixer diferents aspectes de la complexa història de vida del dofí mular, *Tursiops truncatus*, a les Illes Balears, s'han desenvolupat amb moltes i diverses tècniques i han abastat diverses àrees arreu de les nostres aigües. Emperò, i malgrat la importància ecològica de l'espècie i la seva presència constatada al Parc Nacional Marítim-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera, dins d'aquest no s'han desenvolupat estudis robustos per descriure la relació entre el dofí mular i el parc, i tota la informació existent prové dels projectes realitzats a la zona amb altres objectius. La combinació de les dades obtingudes ens permet, actualment, descriure moltes de les característiques que defineixen la població de dofí mular que freqüenta el Parc. Així, s'ha observat com les aigües profundes del canal d'Eivissa i Mallorca, funcionen com a barrera natural limitant els moviments de l'espècie i l'estructuren en dos subpoblacions, Gimnèsies i Pitiüses, amb un grau d'aïllament lleu reflectit genèticament. Així mateix, el seu alt grau de fidelitat geogràfica es reflexa amb l'existència de diferències isotòpiques d'individus mostrejats a localitats properes, indicant estratègies alimentàries diferencials i que poden ser transmeses via cultural. Aquests fets també poden ser observats a les interaccions que l'espècie manté amb l'activitat pesquera. A més, els mulars no són els únics cetacis que poden ser albirats a l'entorn de Cabrera. Un total de 8 espècies d'aquests mamífers marins, el total de la fauna permanent de la Mediterrània, freqüenten, en major o menor grau, les aigües del Parc.

Paraules clau: *dofí mular, cetacis, fotoidentificació, acústica, hàbitat crític, Cabrera*

ABSTRACT

Since the year 2000 and for more than a decade, several studies have explored different aspects of the complex life history of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the waters around the Balearic Islands, using various techniques. However, despite the ecological importance of the species and its occurrence in the Cabrera Archipelago National Park, robust studies have not been developed to describe the relation of the species with the Park, and all existing information comes from projects carried out in the area with other objectives. The combination of available data now allows us to describe many of the characteristics of the bottlenose dolphin population that occurs in the Park. The deep waters of the Ibiza and Mallorca channel were found to act as a natural barrier limiting the movements of the species and structuring dolphins into two subpopulations, Gimnesias and Pitiüses, with some genetic differentiation. In addition to the high degree of geographical fidelity, there are isotopic differences among individuals sampled in nearby locations, indicating different feeding strategies that could be transmitted culturally. These specializations can also be observed in the interactions of the species with fishing activity. However, bottlenose dolphins are not the only cetaceans that can be observed around Cabrera. A total of 8 species of these marine mammals (that is, all species that are resident in the Mediterranean Sea) occur, to a greater or lesser extent, in the waters of the Park.

Keywords: *Bottlenose dolphin, cetacean, photoidentification, acoustic, critical habitat, Cabrera*

INTRODUCCIÓ

El dofí mular, *Tursiops truncatus*, gràcies als nombrosos estudis dels que, a nivell mundial, ha estat objecte, és una de les espècies de cetaci més conegudes d'entre les, aproximadament, 85 vives que n'existeixen a l'actualitat (Leatherwood i Reeves, 1990, Reynolds *et al.*, 2000, Wells i Scott, 1999). A la Mediterrània, el primers treballs de camp s'inicien a finals dels anys 80 del segle passat (Notarbartolo di Sciara i Bearzi, 2005) i, actualment, el coneixement de l'espècie a la regió és relativament baix, tot i que les Illes Balears és una de les àrees amb un major nombre d'estudis desenvolupats sobre l'espècie.

La primera aproximació per determinar l'estatus poblacional del dofí mular a la Mediterrània és realitzada en el seminari regional sobre la "Llista Vermella d'Espècies" al 2006 (Reeves i Notarbartolo di Sciara, 2006), on es considerarà, d'acord amb els criteris de la International Union for Conservation of Nature (IUCN), a la subpoblació mediterrània de *T. truncatus* en la categoria "vulnerable" (Bearzi i Fortuna, 2006). La proposta de classificació es basà en la sospita d'un declivi poblacional causat per 1) les morts intencionades i les campanyes d'extermini organitzades fins a al final de la dècada de 1960 a diferents indrets de la conca i 2) la recent i actual mortalitat associada a les activitats pesqueres, l'anomenat "by-catch". També es considerarà la sobrepesca de les preses potencials i la degradació general de l'hàbitat, amb inclusió de la pol·lució per contaminants químics i l'impacte acústic provocat pel trànsit marítim, malgrat la dificultat de associar-los amb la supervivència i capacitat individual dels animals (Bearzi i Fortuna, 2006).

El dofí mular és una de les espècies observades amb més freqüència a tota la Mediterrània (Reeves i Notarbartolo di Sciara, 2006) i la seva presència a les aigües costeres de la conca és generalitzada.

Nombroses àrees habitades per *T. truncatus* suporten un ús antropogènic intens, com, per exemple, els estrets de Gibraltar, Bonifaci o Messina o els golfs de Lleó, Gènova o Trieste. La seva distribució a la Mediterrània no és homogènia i abunden les àrees amb molt baixa densitat, relacionades amb diversos factors com ara les característiques de l'hàbitat, la disposició de les preses potencials i la natura gregària de l'espècie. Per altra banda, els efectes de les passades campanyes d'extermini (Bearzi *et al.*, 2004) i la varietat d'impactes actuals han contribuït a la present distribució discontinua a la regió.

El dofí mular de la Mediterrània es troba diferenciat genèticament de les poblacions contigües de l'Atlàntic est i de les aigües escoceses. A partir de l'anàlisi d'ADN nuclear i mitocondrial s'ha pogut diferenciar poblacions entre la Mar Negra i el Mediterrani (Natoli *et al.*, 2005). A partir de mostres obtingudes amb rang continu des de la Mar Negra fins a l'Atlàntic Nord-est, es va concloure que els límits entre les diferents poblacions coincidien amb els límits entre diferents hàbitats. Les diferents zones, 5 en total (Mar Negra, Mediterrani Est, Mediterrani Oest, l'Atlàntic Nord-est i Escòcia), es caracteritzaren per la topografia submarina i diferents valors com salinitat superficial, productivitat i temperatura (Natoli *et al.*, 2005).

L'estructura poblacional del dofí mular a la Península Ibèrica s'ha investigat a partir de les anàlisis d'isòtops estables i contaminants organoclorats a teixits d'animals encallats a Catalunya, València, Illes Balears i les aigües atlàntiques adjacents, Huelva i Portugal (Borrell *et al.*, 2006). Diferències significatives als percentatges d'isòtops de carboni ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) i els perfils de PCB indiquen una baixa taxa de mescla entre els dofins atlàntics i els mediterranis. A la Mediterrània, les mostres de Catalunya i València no poden singularitzar-se, cosa que suggereix una distribució comuna per a tota l'àrea. Per contra, les diferències de ràtio DDT/PCB i altres perfils de PCB entre els animals de Balears en relació a la Mediterrània ibèrica, són indicatius de que les aigües profundes entre l'arxipèlag i el continent, representen una efectiva barrera per al moviment de l'espècie (Borrell *et al.*, 2006). De fet, anàlisis més recents de 128 mostres de pell de dofins mulars procedents de 9 àrees de la costa peninsular, Balears i l'illa d'Alboran, confirmen l'existència d'una frontera real entre poblacions atlàntiques i mediterrànies al front oceanogràfic "Almeria-Oran". També s'ha identificat una frontera difusa de l'estret de Gibraltar de tal forma que els dofins d'un i altre costat de l'estret mostren cert grau d'estructuració però no lo suficientment intens per ser considerades poblacions diferents (García Tíscar, 2010).

Aquests resultats, juntament amb evidències similars descrites a d'altres espècies (Gaspari *et al.*, 2007a, Gaspari *et al.*, 2007b, Natoli *et al.*, 2008) suggereixen que no només els obvis límits físics, com ara l'estret de Gibraltar o el dels Dardanel, representen una barrera per al moviment dels animals.

El coneixement sobre la mida poblacional de *T. truncatus* a la Mediterrània és limitat. De fet, no existeix una estima sobre tota la conca i la informació existent prové d'estudis locals, no nombrosos i basats en diferents metodologies, com el modelat de la densitat amb models GAM, màxim nombre d'animals fotoidentificats, corbes d'identificació i transecte lineal. La majoria d'ells es limiten a zones costaneres relativament petites (d'entre 400 i 1.000 Km²) que, molt probablement, no cobreixen per complet les zones de campeig dels grups investigats. Estudis a gran escala (4.000-80.000 Km²) a diferents àrees, relativament recents, han demostrat que el dofí mular, a la Mediterrània, pot trobar-se tant a aigües oceàniques com nerítiques i que el seu rang de densitat varia entre 4 i 20 animals per 100 Km² (Cañadas i Hammond, 2006, Forcada *et al.*, 2004, Gómez de Segura *et al.*, 2006). Considerant que molts d'aquests treballs s'han desenvolupat a zones de relativa alta densitat, que la decisió de la zona d'estudi depèn de factors logístics i, de vegades, biopolítics, és poc probable que la població total de la Mediterrània superi els 10.000 efectius (Bearzi i Fortuna, 2006).

Evidències indirectes, però convincents, mostren que la tendència general de la població mediterrània de dofí mular, com a conseqüència de la passada persecució intencionada i les presents sobrepesca d'espècies diana, degradació de l'hàbitat i *by-catch* és el declivi (Bearzi i Fortuna, 2006, Bearzi *et al.*, 2004, Blanco i González, 1992, Borrell *et al.*, 2000). La situació canvia d'una localització a una altra però, en general, pot considerar-se que la població mediterrània s'ha reduït un 30% als darrers 60 anys (Otero i Conigliaro, 2012, Reeves i Notarbartolo di Sciarra, 2006).

El dofí mular observat regularment a la Mediterrània és predominantment costaner, si bé aquesta designació pot dur a la confusió, ja que es pot trobar sobre la plataforma continental o sobre l'inici del talús a qualsevol distància de costa (Azzellino *et al.*, 2008, Bearzi *et al.*, 2004, Gannier, 2005, Gnone *et al.*, 2006, Gómez de Segura *et al.*, 2006, Gómez de Segura *et al.*, 2004, Notarbartolo Di Sciarra *et al.*, 1993).

Es presenta a una gran varietat d'hàbitats que inclouen la plataforma continental (Azzellino *et al.*, 2008, Gómez de Segura *et al.*, 2004), mars tancats (Bearzi *et al.*, 2008) i les aigües circumscrites a illes i arxipèlags (Bearzi *et al.*, 1997, Forcada *et al.*, 2004, Mussi i Miragliuolo, 2003).

A la mar d'Alboran i a les Illes Balears es possible trobar-lo a tota la plataforma continental fins a aigües profundes del talús (Cañadas i Hammond, 2006, Cañadas *et al.*, 2002, Forcada *et al.*, 2004).

No hi ha evidències de l'existència d'un ecotip de dofí mular costaner i un altre d'oceànic (Natoli *et al.*, 2005), si bé, i malgrat no haver-se desenvolupat estudis per comprovar l'ús de la zona profunda per l'espècie, existeixen albiraments ocasionals de grups a aigües més enllà el talús. A l'altre extrem, és comuna la seva presència a estuaris, desembocadures de rius i altres ecosistemes marins tancats (Bearzi *et al.*, 2005, Sackl *et al.*, 2007).

La mida de grup varia segons la regió biogeogràfica, disponibilitat de preses, activitat i d'altres factors, però, majoritàriament, tenen menys de 10 membres. En ocasions s'han observat grups mixtes amb altres espècies com *Delphinus delphis* i *Globicephala melas* (Cañadas *et al.*, 2002, De Stephanis *et al.*, 2008).

L'única informació disponible sobre comportament i organització social del dofí mular a la Mediterrània es basa, especialment, en estudis desenvolupats sobre grups costaners, essent molt reduït el coneixement que es té sobre els grups oceànics. A alguns estudis costaners s'ha definit la dinàmica social com de "fusió-fissió", amb un fluid intercanvi d'individus entre grups (Bearzi i Fortuna, 2006, Bearzi *et al.*, 1997).

El comportament de *T. truncatus* difereix considerablement entre grups segons l'hàbitat on viuen. Es tracta d'una espècie de comportament molt flexible i de dieta cosmopolita (Barros i Odell, 1990, Cockcroft i Ross, 1990, Connor *et al.*, 2000, Shane *et al.*, 1986). A les costes mediterrànies captura, especialment, preses demersals (Blanco *et al.*, 2001, Mioković *et al.*, 1999) a sessions d'alimentació amb apnees d'entre 3 i 5 minuts i màximes de 8, segons la profunditat (Bearzi *et al.*, 2005, Bearzi *et al.*, 1999). D'entre les preses, hi ha un bon nombre d'espècies comercials (Blanco *et al.*, 2001), de les quals moltes tenen estocs en declivi (FAO, 2005), raó per la qual sovint entren en conflicte amb l'activitat pesquera a diferents i nombroses àrees (Reeves *et al.*, 2001).

Les interaccions entre els cetacis i les pesqueres a la Mediterrània son especialment rellevants (UNEP, 1998) i s'han estudiat a diferents regions (Consiglio *et al.*, 1992, Díaz López, 2006, Lauriano *et al.*, 2004). A les Illes Balears, al 1991, i sense conèixer el balanç total, es comptabilitzaren fins a 30 animals morts per interaccions amb pesca (Silvani *et al.*, 1992).

La captura accidental, juntament amb els efectes dels vessaments contaminants, la sobre-explotació dels recursos i el trànsit marítim, han provocat que la major part de les poblacions europees de *T. truncatus* hagin patit una dràstica reducció d'efectius i una intensa fragmentació demogràfica, fins al punt que es pot considerar el dofí mular, com l'espècie de cetaci potencialment més agredida de la Mediterrània (Di Natale, 1992, Natale, 1990).

La major part dels catàlegs de biodiversitat, acords, reglaments nacionals i internacionals de conservació el defineixen com a espècie amenaçada o en situació crítica.

El dofí mular no és l'única espècie de cetaci que pot trobar-se a les Illes Balears i a l'àmbit marí del PNMTAC. A l'igual que amb *T. truncatus*, és als anys 80 quan es desenvoluparen els primers estudis sobre la distribució de cetacis a la Mediterrània occidental (Casinos i Vericad, 1976, Duguay, 1989, Duguay *et al.*, 1988, Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993, Vallon *et al.*, 1977). Fins aleshores, el coneixement sobre la cetofauna de la conca provenia únicament de cites d'encallaments i de comptades campanyes científiques (Bosca, 1916, Cabrera, 1914, Gihl i Pilleri, 1969, Richard, 1936).

Curiosament, d'aquests darrers anys, es té una bona informació dels albiraments o encallaments a prop o en territori insular d'espècies poc comunes com l'orca (*Orcinus orca*), la falsa orca (*Pseudorca crassidens*) o la iubarta (*Megaptera novaengliae*), ja que aquests fets extraordinaris mouen l'interès per a la seva publicació (Aguilar, 1989, Casinos, 1981, Di Natale i Mangano, 1983).

Duguay (1990), considerà que 9 espècies constitueixen la fauna permanent a la Mediterrània, tot i que aquest llistat inclou l'orca, només comuna a la zona de l'estret de Gibraltar (Esteban *et al.*, 2016, García Tíscar, 2010). Reeves i Notarbartolo di Sciara (2006) inclouen 11 espècies com a regularment presents, de les quals 5 són pròpies de la mar Negra o de l'estret de Gibraltar, de manera que el llistat d'espècies per a la Mediterrània es limita a 7, entre les que no hi és el dofí comú (*Delphinus delphis*), inclòs per Duguay (1990). Aquesta manca es corregí el 2012 a la nova revisió de la IUNC (Otero i Conigliaro, 2012), on es reconeixen 8 espècies de cetacis com a comunes a la Mediterrània: *T. truncatus*, *Stenella coeruleoalba*, *Delphinus delphis*, *Grampus griseus*, *Globicephala melas*, *Ziphius cavirostris*, *Physeter macrocephalus* y *Balaenoptera physalus*, totes susceptibles de trobar-se a Cabrera.

MATERIAL I MÈTODES

Des de la declaració del Parc Nacional Marítim Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera al 1991, al seu àmbit no s'han desenvolupat estudis de monitorització dels cetacis que poden trobar-s'hi, raó per la qual el coneixement d'aquest grup és a partir dels treballs realitzats a àrees marines més extenses que inclouen el Parc o bé desenvolupats a zones properes. Per això, els materials i mètodes emprats són molts i diversos.

DOFÍ MULAR

Les interaccions d'aquesta espècie amb l'activitat pesquera arreu de Balears han fet que, lligats a aquest problema, s'hagin desenvolupat diferents treballs per tal de minimitzar el seu impacte (Brotons *et al.*, 2008a, Brotons *et al.*, 2008b, Brotons *et al.*, 2009, Brotons i Grau, 2005, Brotons *et al.*, 2008c, Brotons *et al.*, 2008d, Brotons *et al.*, 2011, Fernández-Contreras *et al.*, 2002, Gazo *et al.*, 2002, Gazo *et al.*, 2001, Gonzalvo *et al.*, 2014, Gonzalvo *et al.*, 2008) i que han aportat un gran volum d'informació sobre *T. truncatus* a les nostres aigües. Malauradament, a molts d'aquests estudis no hi ha cap dada de dins el PNMTAC. Per exemple, a Brotons *et al.* (2008c), on es recullen dades sobre 1.040 activitats de pesca artesanal, no n'hi ha cap localitzada a l'entorn de Cabrera, i a d'altres, no s'analitzen diferencialment.

Per tal de poder analitzar de forma concreta l'àrea del PNMTAC, dels estudis abans citats s'han seleccionat els que inclouen dades a l'àmbit marí de Cabrera. D'aquests, s'han escollit aquells als que s'ha tingut accés per tal de treballar-los de forma independent. Finalment, s'ha discutit conjuntament amb el coneixement global reportat a totes aquestes publicacions relacionades amb l'espècie.

En relació al dofí mular, les dades integrades provenen de 5 fonts principals: 1, els embarcaments per a l'anàlisi de l'eficiència del dissuassors acústics per dofins, "pingers", a arts menors (Brotons *et al.*, 2008d), 2, el seguiment per fotoidentificació de la dinàmica de la espècie arreu de Balears (Brotons *et al.*, 2008a, Brotons *et al.*, 2008b, Brotons *et al.*, 2009, Brotons i Grau, 2005, Brotons *et al.*, 2011), 3, les anàlisis d'isòtops i de genètica per a l'estudi del grau d'aïllament de la població Balear (Alomar *et al.*, 2013, Brotons i Islas-Villanueva, 2013, Brotons *et al.*, 2019), 4, el seguiment acústic per a la valoració de la relació entre les Àrees Marines Protegides i *T. truncatus* (Brotons *et al.*, 2010, Castellote *et al.*, 2015) i 5, els albiraments derivats del "Balearic Sperm Whale Project" de recerca i identificació de catxalots a les Illes Balears. Per a la resta de cetacis, només s'emprarà aquesta darrera font d'informació.

1. Quant a les interaccions entre els dofins mulars i la pesca artesanal a les Balears, es calculà que, al període 2001-2003, suposaren un cost del 6.5% del total desembarcat i que, per altra banda, les captures accidentals podien arribar a 60 animals per any (Brotons *et al.*, 2008c). A l'octubre de 2004, la Federació Balear de Confraries sol·licità formalment, al Govern de les Illes Balears, l'elecció i compra de "pingers" per a la flota d'arts menors. Per això la Direcció General de Pesca, mitjançant fons IFOP (Instrument Financer per a la Orientació de la Pesca), desenvolupà la validació de l'ús dels dissuassors acústics. Aquest estudi es realitzà a aigües costaneres arreu de les Illes Balears, a profunditats de fins a 60 metres (Fig. 1). L'experiment comptà amb la col·laboració de fins a 59 embarcacions d'arts menors diferents, equipades per a l'ocasió de xarxes experimentals idèntiques. Les dades sobre les activitats pesqueres foren registrades per observadors que varen rotar entre els vaixells al període d'estudi. S'empraren formularis estandarditzats per registrar les dades relatives a la pesca, com ara ubicació, condicions climàtiques i detalls de la captura (kg per espècie capturada). Per tal d'obtenir dades sobre rendiments econòmics, es combinaren aquestes dades amb els preus de venda a llotja (per més detalls, veure Brotons *et al.*, 2008c). Els observadors també anotaren la presència o absència d'evidència d'interacció amb dofins amb la xarxa. Els vaixells foren assignats aleatòriament a una de les 3 condicions experimentals següents: control (sense pingers), pingers inactius (desplegats a les xarxes però no transmissors) i pingers actius (desplegats i en funcionament). Si bé els vaixells foren assignats a una de les anteriors condicions de forma aleatòria dins cada confraria, es distribuïren el més uniformement possible entre les localitats per minimitzar l'efecte de l'àrea geogràfica, ja que les taxes d'interacció varien considerablement entre àrees dins les Balears (Brotons *et al.*, 2008c). Tant observadors com pescadors desconeixien la condició experimental de l'activitat pesquera.

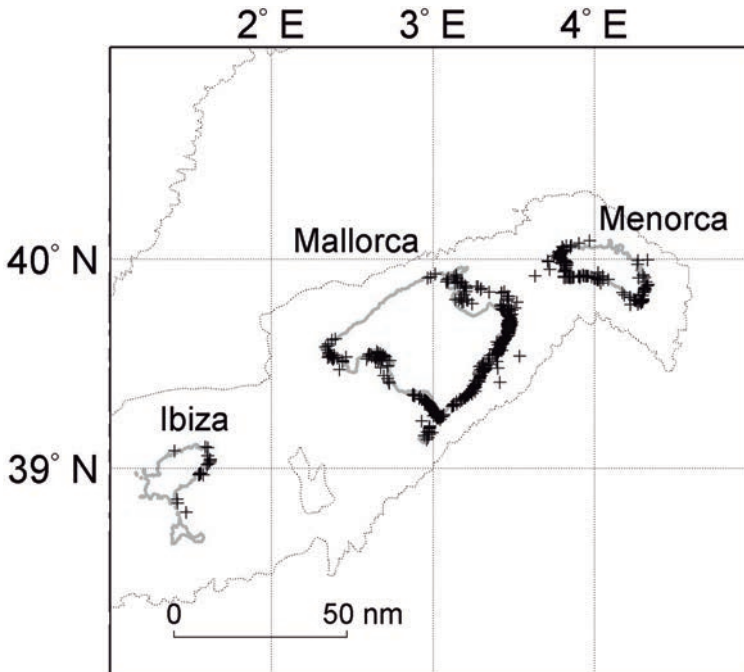


Figura 1. Localitzacions de les activitats pesqueres a les Illes Balears. La línia discontinua marca la isòbata de 1000 m.

- Entre 2003 i 2013 es desenvoluparen diferents projectes d'estudi de la població de *T. truncatus* mitjançant fotoidentificació. Exactament des de 2003 a 2010 a la zona d'Andratx, 2007/2008 a Cala Rajada i entre 2011 i 2013 a les reserves pesqueres des Nord de Menorca, Llevant i Migjorn de Mallorca, aquesta darrera confrontada al PNMTAC. Per a aquesta zona s'emprà una embarcació foraborda rígida "wall-around" de 7,50 metres d'eslora, 2,60 de màniga i 5,65 T.R.G., homologada per a navegació de petita alçada per 4 persones i motoritzada amb dos motors de 150 HP, que va permetre la recerca, localització i seguiment dels grups de dofins.

Les dades de navegació es registraren amb un GPS portàtil amb cartografia i capacitat Plotter. Mitjançant gravadora, es va prendre nota de la presència d'arts de pesca, vaixells pesquers i d'esbarjo, boies... i qualsevol altre tipus d'activitat a la mar així com de l'hora G.P.S., per tal d'associar esdeveniment amb posició geogràfica. En cas d'albirament, es procedí al seguiment del grup per a la seva fotoidentificació i registre de comportament. Per a la fotoidentificació del dofí mular s'empren les marques i cicatrius de l'aleta dorsal, així com la seva forma i els patrons de pigmentació del dors (Irvine *et al.*, 1981, Wells *et al.*, 1980, Wells *et al.*, 1987, Würsig i Jefferson, 1990, Würsig i Würsig, 1977). Tant les tècniques fotogràfiques com els sistemes d'aproximació i l'estructuració de les mostres es troben àmpliament documentats (Gunnlaugsson i Sigurjonsson, 1990, Markowitz *et al.*, 2003, Mazzoil *et al.*, 2004, Stevick *et al.*, 2001, Würsig i Jefferson, 1990, Würsig i Würsig, 1977).

Les dades geogràfiques es van analitzar mitjançant Sistemes d'Informació Geogràfica, a aquest cas Arcview i les extensions Animal Movement, Home Range i X-Tools.

- Entre març de 2009 i maig de 2011 es biopsiaren a la regió posterior de l'aleta dorsal un total de 50 dofins mulars a les Illes Balears i a la costa de la Comunitat Valenciana (Fig. 2), mitjançant una ballesta de 150 lb equipada amb capçals de tall de 25 mm muntats sobre eixos a fletxes de fibra de carboni amb flotació per a la seva recuperació, dissenyades per Ceta-Dart, F.Larsen, Copenhague, i testades a altres

estudis (Nicolas *et al.*, 2001). Cada mostra es subdividí en dos, una per a l'anàlisi isotòpica i una segona per a l'extracció de ADN. Quant a la metodologia d'anàlisi veure Alomar *et al.* (2013), Brotons i Islas-Villanueva (2013) Brotons *et al.*, 2019.

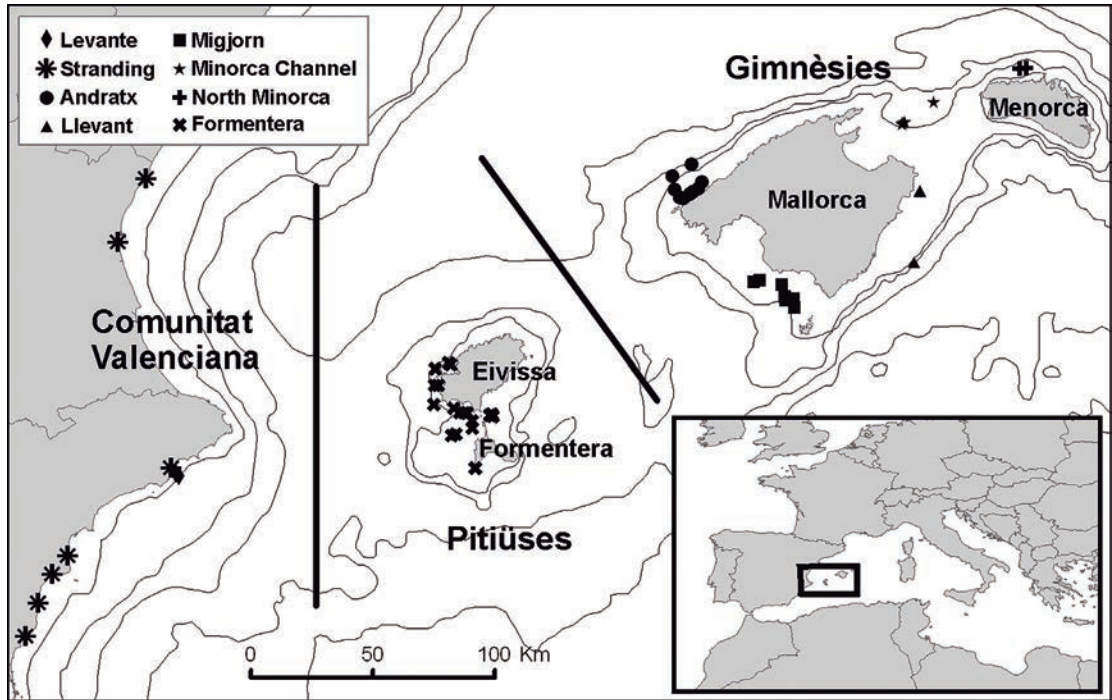


Figura 2. Àrea d'estudi amb la localització de les biòpsies i encallaments de *Tursiops truncatus*.

4. Els PODs (POrpoise Detectors), literalment “detectors de marsopes” són ordenadors submergibles connectats a hidròfons d'alta qualitat que reconeixen i enregistren els “clicks” d'ecolocalització dels cetacis sense tenir efectes secundaris per a ells. Amb transductor ceràmic incorpora filtres per seleccionar l'energia de les diferents bandes de freqüències de l'espectre del so i pot ser programat amb diferents protocols de mostreig per optimitzar la detecció de “clicks” segons l'espècie. Tota aquesta informació s'emmagatzema lligada a la línia temporal. Els filtres i protocols també permeten descartar el renou ambiental (ones, peixos, sondes de vaixells...). Aquests aparells es començaren a emprar a finals dels anys 90. A principis del segle XXI es feren servir per avaluar l'acció dels “pingers” (Culik *et al.*, 2001) així com a projectes de conservació de marsopes (*Phocoena phocoena*) (Tregenza *et al.*, 2001) i dofí mular (Gazo *et al.*, 2002). Actualment es fan servir arreu d'Europa i amb diferents espècies. El POD seleccionat per aquest estudi va ser el T-POD de Chelonia-Marine Conservations Research, de Regne Unit. Amb una autonomia variable segons la informació rebuda de fins 60 dies i una profunditat màxima de treball de 150 metres. Els PODs es programaren especialment per a la detecció de dofins mulars a zones amb alta freqüència de clicks de decàpodes. A un gran projecte d'observació de la influència de les Àrees Marines Protegides (AMP) sobre els dofins mulars (Castellote *et al.*, 2015) es fondejaren de forma anàloga PODs a diferents AMP, tal i com s'especifica a la Taula I. D'elles, igual que per a la fotoidentificació i les anàlisis d'isòtops i de genètica, es va treballar a la reserva pesquera del Migjorn de Mallorca, contigua a Cabrera. Es pot ampliar detalls sobre la metodologia a Castellote *et al.*, 2015.

Taula I. Descripció de les 7 AMP incloses a l'estudi, nombre de T-PODs desplegats i activitats antropogèniques considerades.

MPA designació	Situació	Extensió (km ²)	Tipus	T-POD	Període	Activitats antropogèniques.
Reserva Natural de les Illes Columbretes (València)	39°N 0°E	55 km ²	Arxipèlag, a 56 km de la península a aigües obertes sobre la plataforma continental	3	9/06-8/07	Sense dades
Reserva Natural de les Illes Medes (Catalunya)	42°N 3°E	5 km ²	Àrea costera amb espai marí i terrestre protegit	2	1/09-12/09	Busseig, embarcacions recreatives i fondeig.
Reserva pesquera dels Freus d'Eivissa i Formentera (Illes Balears)	39°N 1°E	136 km ²	Àrea costera localitzada a un canal entre dues illes Balears.	3	7/08-6/09	Busseig, embarcacions recreatives, navegació pesquera i fondeig.
Parc Natural de Sa Dragonera (Illes Balears)	39°N 2°E	9 km ²	Àrea costera amb espai terrestre protegit.	3	5/06-8/06	Activitat pesquera artesanal.
Parc Natural de Serra Gelada (València)	38°N 0°E	49 km ²	Àrea costera amb espai terrestre i marí protegit.	3	7/08-6/09	Granja d'aqüicultura..
Reserva pesquera del Migjorn de Mallorca (Illes Balears)	39°N 3°E	223 km ²	Àrea costera al sud de Mallorca.	2+1 control	1/11-12/11	Busseig, embarcacions recreatives, navegació pesquera i fondeig.
Reserva pesquera del llevant de Mallorca (Illes Balears)	39°N 3°E	113 km ²	Àrea costera al nord de Mallorca.	2+1 control	4/12-3/13	Busseig, embarcacions recreatives, navegació pesquera i fondeig.

- Des de 2003, l'associació Tursiops desenvolupa a aigües de les Illes Balears el "Balearic Sperm Whale Project" (BSWP), de recerca, localització i seguiment de catxalots mitjançant campanyes dedicades arreu de Balears (Brotons, 2015, Pirota *et al.*, 2011, Rendell *et al.*, 2014). A les campanyes, a més de les dades relatives a l'espècie diana, es registren tots els albiraments de cetacis i tortugues, per la qual cosa són una font important de dades per al dofí mular i la resta d'espècies de cetacis.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Entre juliol i desembre de 2005 es controlaren a aigües de Balears (Fig. 1) un total de 1.193 pesques experimentals per a l'assaig dels aparells dissuasius per a dofins ("pingers"). D'aquestes, 22 tingueren lloc dins el PNMTAC i 142 al seu entorn pròxim (Fig. 3). Al conjunt de l'activitat controlada, les taxes de interacció dofins/xarxes foren de 0,083 per a les pesques sense aparells i del 0,054 amb "pingers" (Brotons *et al.*, 2008d). A les realitzades a l'entorn de Cabrera, la taxa fou de, només, 0,028, de forma que únicament 4 activitats es catalogaren com a interacció positiva a l'entorn del Parc. Amb dades tan escasses és complicat fer cap anàlisi de la diferència d'efectivitat dels aparells a Cabrera, o de diferència temporal de la presència dels animals. Tot considerant les fluctuacions estacionals de la presència d'interaccions registrades a altres estudis (Brotons *et al.*, 2008c), no es pot concloure que la menor taxa de depredació a les xarxes observada a les aigües d'influència del Parc es degui a una menor presència global d'animals. S'ha d'observar que a més, per el cas del dofí mular, s'ha d'incloure a les anàlisis un component cultural i local molt marcat (Alomar *et al.*, 2013, Brotons i Islas-Villanueva, 2013, Brotons *et al.*, 2008a, Brotons *et al.*, 2008b, Brotons *et al.*, 2011).

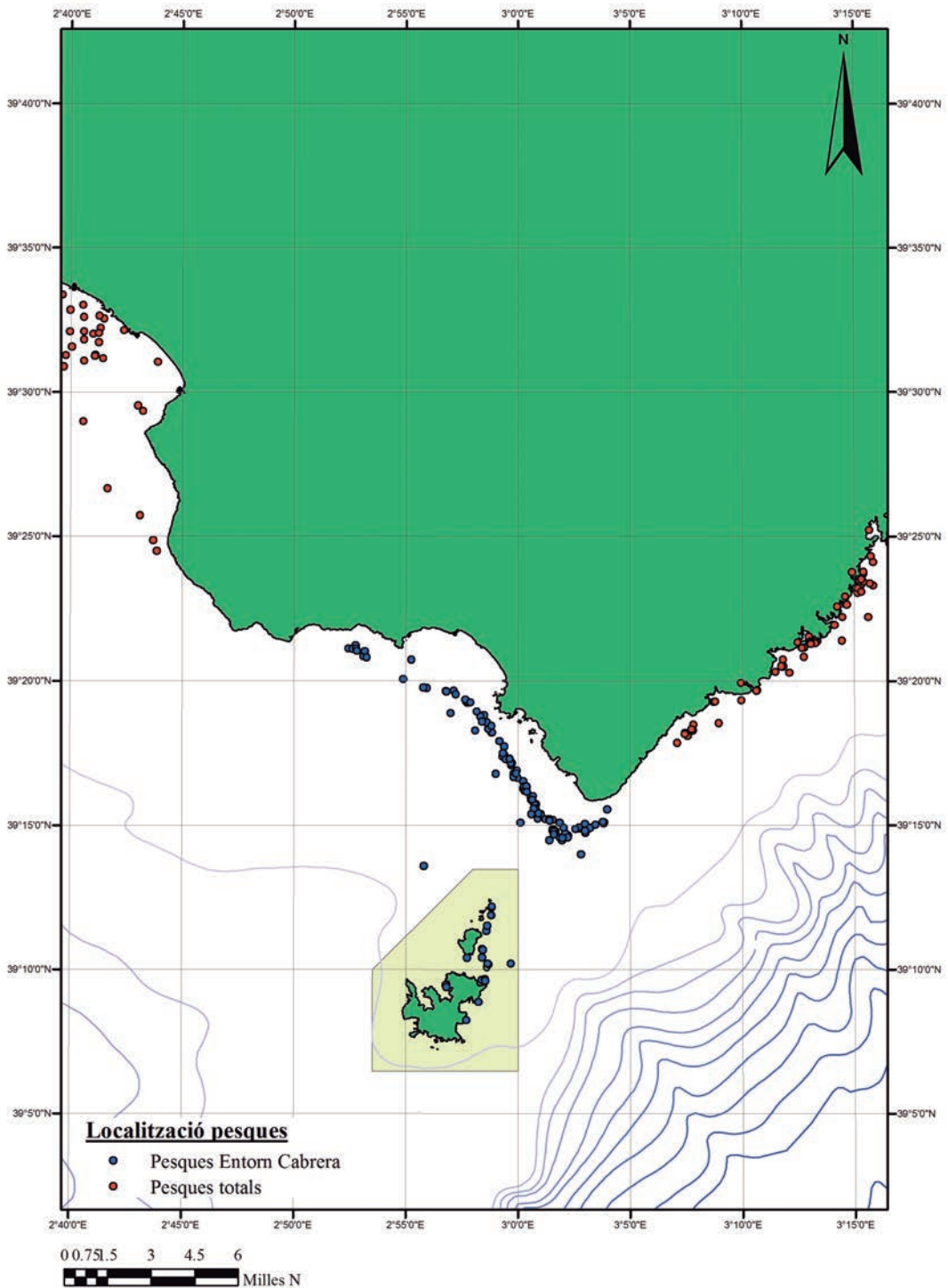


Figura 3. Localitzacions de les activitats pesqueres al voltant Cabrera.

Dels diferents projectes per al seguiment de les poblacions locals de dofins mulars, desenvolupats per a la Direcció General de Pesca a les Illes Balears, mitjançant tècniques de fotoidentificació, 31 sortides (551 milles nàutiques d'esforç) es realitzaren a l'entorn del PN de Cabrera (Fig. 4). En

aquestes, s'observaren cetacis en 26 ocasions (Fig. 5), 20 de les quals eren grups de *T. truncatus* amb un màxim de 30 individus, un mínim de 1 i una mitjana de 13,72 individus per grup. La resta d'albiraments foren de dofí llistat en dues ocasions (200 i 5 individus), *G. griseus* (un grup de 40 animals) i, finalment, 3 deteccions de catxalots. La taxa d'albirament per al dofí mular fou de 0,036 encontres per milla. Si es compara, per exemple, amb les dades obtingudes a les sortides realitzades entre Andratx i Cala Rajada (5.381 milles d'esforç), es registraren un total de 126 albiraments, 4 de dofí llistat, 1 de rorqual comú (*B. physalus*) i 121 de *T. truncatus*, cosa que suposa una taxa de 0,022, menor que l'àrea de Cabrera.

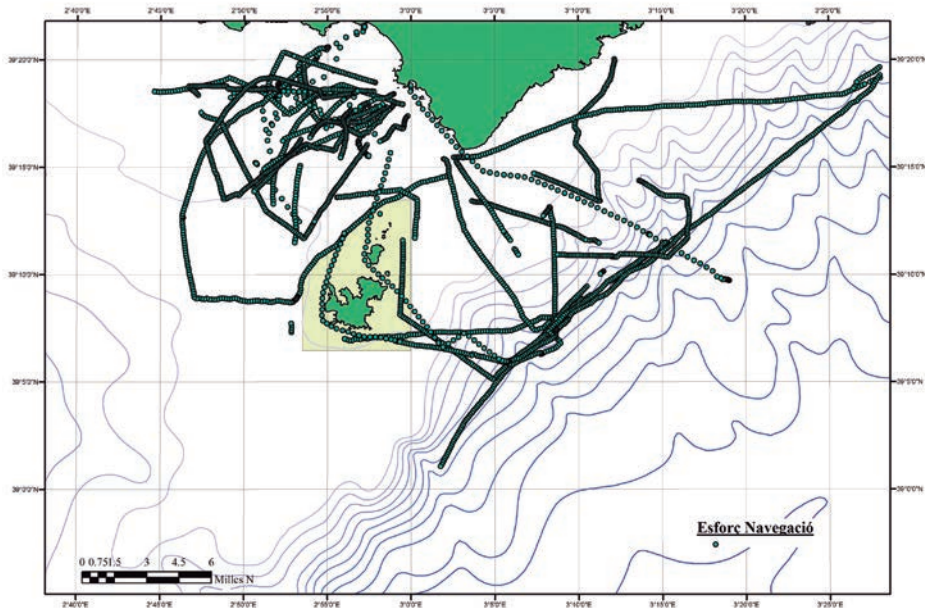


Figura 4. Navegació amb esforç.

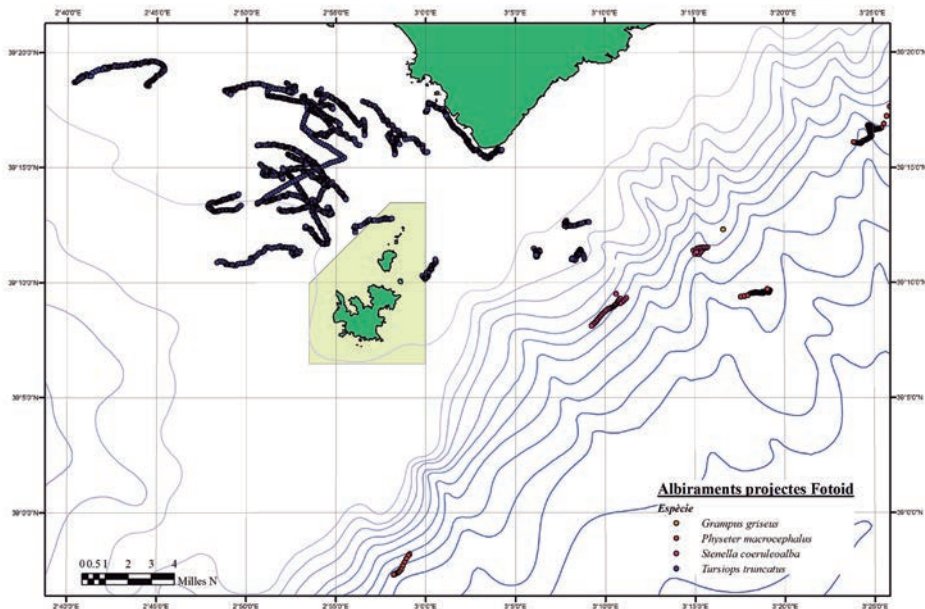


Figura 5. Albiraments per espècies.

Així, sembla que la presència del dofí mular és major prop de l'arxipèlag, tot i que les dades són insuficients per confirmar-ho, ja que el sistema de mostratge no es dissenyà per estimar això. Encara és més difícil avaluar la vinculació entre la figura del Parc Nacional i la, presumpta, major presència de dofins. Quan s'analiza el comportament dels animals trobats durant el seguiment dels dofins (un total de 1.951 observacions, a raó d'una posició per minut), el 74% del temps el dedicaren a activitats relacionades amb la obtenció d'aliment. Si bé aquesta observació podria assimilar-se a un possible efecte reserva, no és el cas, perquè el 83% del temps dedicat a alimentar-se fou depredant xarxes de ròssec (Fig. 6), especialment a la zona coneguda com "Es Fang" de Cabrera, pesquera tradicional de les barques de bou. D'altres estudis ja han identificat el fort lligam entre aquesta modalitat de pesca i la població de dofins mulars (Gonzalvo *et al.*, 2008), clarament observable a la zona i que motiva la concentració de l'espècie a l'entorn del PNMTAC.

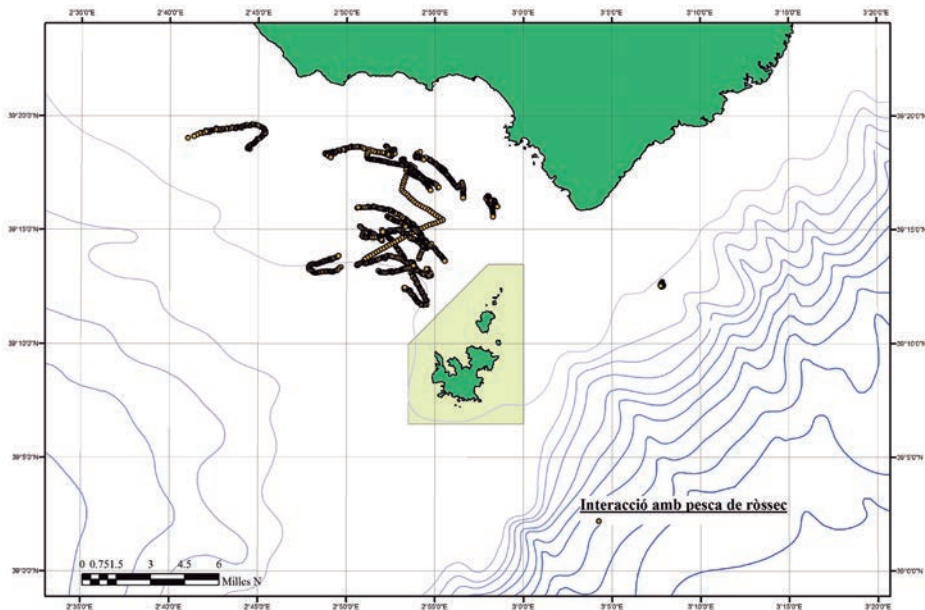


Figura 6. Localitzacions de les interaccions dofins i pesca de ròssec.

L'efecte d'atracció de la pesca de ròssec resulta més evident si es relacionen els albiraments amb l'esforç de mostratge. Per això, s'ha creat una graella de l'àrea d'estudi amb caselles de 2x2 km, on s'han posicionat tots els punts d'esforç i els punts amb albirament. La relació d'ambdós (alb/presència), s'ha multiplicat per 1.000 per a representar-lo gràficament mitjançant ARCMAP 10.1 (Fig. 7). Al marge d'un gran nombre de caselles sense esforç (cal recordar que l'objectiu del projecte no era aquest, ni l'àmbit el PNMTAC), s'observen diferents zones on es concentra la presència de cetacis. Destaquen nuclis concrets sobre l'escarpament de l'Emile Baudot (E de Cabrera), per la presència de catxalot, dofí llistat i cap d'olla gris, i una gran zona calenta a "Es Fang" (NW de Cabrera) per la presència de dofí mular, lligada a l'activitat de ròssec.

La interacció amb la pesca des bous no afecta només la dinàmica espacial del dofí mular, sinó també la mida dels grups. Per exemple, a l'únic estudi dedicat a l'estima de la mida poblacional de *T. truncatus* a les Balears (Forcada *et al.*, 2004), la mida de grup mitjana a les aigües interiors fou de 6,9 individus/grup. En estudis posteriors de fotoidentificació a la zona d'Andratx, la mida de grup observada fou de 5,29 individus (Brotons *et al.*, 2009, Brotons, 2016), mentre que Gonzalvo *et al.* (2014) per al conjunt de la població balear estimen una mitjana de 6,65 individus/grup. A Cabrera, els grups són clarament més nombrosos, 13,72 individus/grup. L'origen i nombre de dades no permet l'anàlisi per discernir de forma robusta si aquesta major mida de grup és deguda a la relació amb els bous. Emperò, veient la distribució dels albiraments i que a altres estudis s'obtenen mides significativament diferents davant o no de la presència de barques de ròssec (Gonzalvo *et al.*, 2014), no és agosarat pensar que existeix una relació directa entre la mida de grup i l'activitat pesquera dels bous a l'àmbit del PN de Cabrera, malgrat aquest fet pot considerar-se una conjectura.

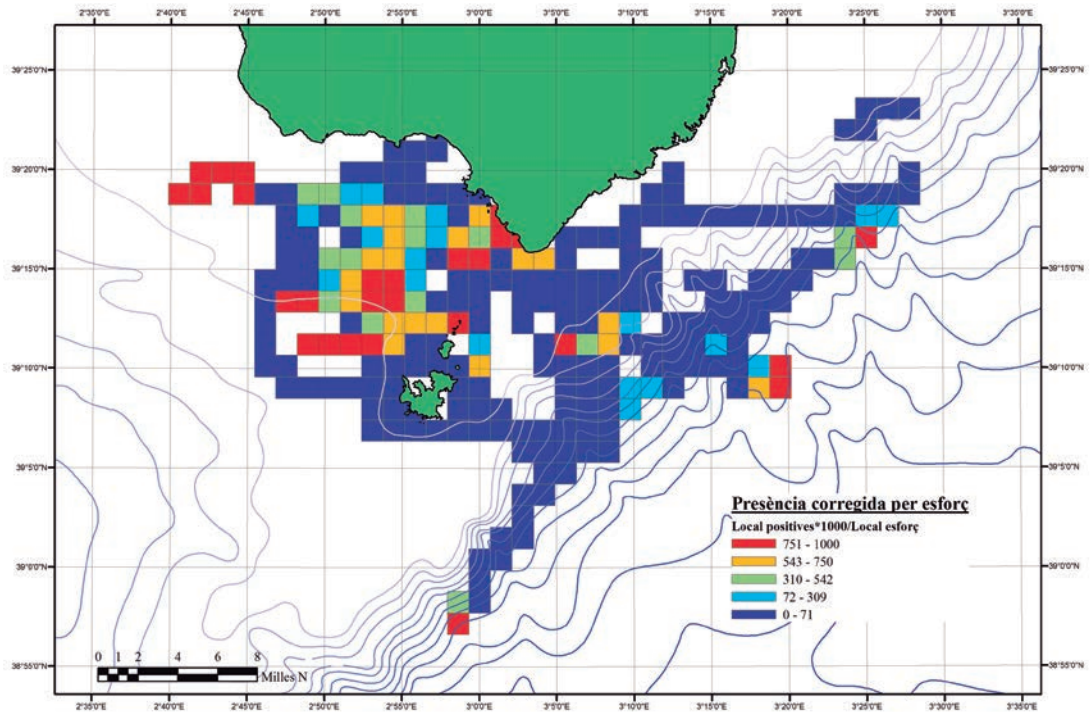


Figura 7. Gralla de distribució cetàcia corregida per esforç.

Com a espècie costanera relativament accessible, el dofí mular s'ha estudiat amb detall arreu del món. L'estructura social descrita de forma més generalitzada als estudis sobre població de *T. truncatus* salvatges és el ràpid i constant flux d'individus en la composició dels esbarts (Bearzi *et al.*, 1997, Bräger *et al.*, 1994, Connor *et al.*, 2006, Wells *et al.*, 1987, Wilson *et al.*, 1999, Würsig i Würsig, 1977). Estudis a llarg termini de poblacions residents a Saratoga Bay, Florida (Wells *et al.*, 1987) i Shark Bay, a l'oest d'Austràlia (Connor *et al.*, 2006), indiquen l'existència d'aliances mascle-masle i un alt grau de segregació per sexe dins dels grups socials. Altres estudis han desvetllat aliances i associacions a llarg termini (més de 10 anys) i una alta complexitat social. En contrast, a Moray Firth, Escòcia, l'única associació amb força era l'existent entre mare i cria (Wilson, 1995). Com a altres espècies de mamífers, el comportament social de *T. truncatus* sembla canviar entre localitzacions degut a pressions ambientals i antròpiques, disponibilitat de recursos, fenotips dels membres i trets culturals. Tal vegada l'entorn de Cabrera, a la vista d'algunes característiques distintives, com la mida de grup, pot aglutinar factors que individualitzin la població de dofins mulars que la freqüenten.

Tal i com es pot observar a la Fig. 2, identificades com la localització "Migjorn", a l'entorn de Cabrera es realitzaren una sèrie de biòpsies (Alomar *et al.*, 2013, Brotons i Islas-Villanueva, 2013), de les que es calcularen els perfils isotòpics per a $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ i la ratio C:N i es compararen entre localitzacions i per agrupacions entre Gimnèsies i Pitiüses (Taula II).

Taula II. Sumari de resultats comparatius ANOVA per a $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ i ratio C:N per agrupacions (Gimnèsies i Pitiüses) i localitzacions (Andratx, Minorca Channel, Migjorn i Formentera). * $P < 0.05$ i n.s per a les diferències no significatives.

Source of variation	$\delta^{13}\text{C}$				$\delta^{15}\text{N}$				C:N			
	Df	SS	MS	F	Df	SS	MS	F	Df	SS	MS	F
Intercept	1	7664.15	7664.15	44720.83	1	6232.2	6232.2	8306.7	1	122.95	122.95	98987.7
Macrosite	1	0.33	0.33	1.942 ^{n.s}	1	0.56	0.56	0.75 ^{n.s}	1	0.02	0.02	16.628*
Error	32	5.48	0.17	-	32	24.01	0.75	-	32	0.04	0	-
Intercept	1	6.024.028	6024.03	49205.8	1	5094.2	5.094.201	17615	1	95.672	95.672	74015.5
Site	3	2.144	0.715	5.838*	3	15.895	5.298	18.321*	3	0.022	0.007	5.576*
Error	30	3.673	0.122	-	30	8.676	0.289	-	30	0.039	0.001	-

Tukey HSD post hoc test for sites

Migjorn = Minorca Channel > Formentera = Andratx	Minorca Channel > Migjorn = Formentera = Andratx	Formentera = Andratx > Migjorn = Minorca Channel
--	--	--

Com es pot comprovar, hi ha diferències significatives entre les mostres preses a *Migjorn* (entorn de Cabrera) i Andratx, localitat més propera, als perfils de carboni i a la ratio carboni/nitrogen. Tot considerant que la distància entre ambdues localitats no supera les 40 milles, les diferències identificades impliquen tant un elevat grau de fidelitat geogràfica (molt important per a una espècie com el dofí mular de, potencialment, gran mobilitat) com una alimentació diferencial per zones.

Un altre dada que recolzaria un comportament diferencial del dofí mular entre zones, és el registre del comportament acústic de l'espècie descrit a Castellote *et al.* (2015). Una de les àrees marines protegides incloses a l'estudi fou la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca, contigua al PNMTAC. Tal i com es pot comprovar a la Taula III, a la RMMM els dofins presenten un patró estacional marcat, essent més freqüents a l'hivern i a la nit, però sense diferències significatives quant al nombre de clics d'alimentació entre nit i dia. L'hidròfon de control de l'àrea, situat al nord fora la RMMM, presenta un patró diferent, i no hi ha diferències entre l'hivern i l'estiu quant a presència dels animals. És a dir, de nou el dofí mular de l'entorn de Cabrera mostra característiques etològiques diferents.

Taula III. Resultats estadístics dels patrons estacionals, diaris i de patrons ICI per a cadascuna de les 7 àrees marines protegides (AMP) a la Mediterrània espanyola incloses a l'estudi (Castellote *et al.*, 2015).

MPA	Summer/winter differences in presence	Day/night differences in presence	Day/night differences in ICI
Columbretes	H1,9 = 0.5, $p > 0.05$, winter mean rank = 5.6 and summer mean rank = 4.3	H1,20 = 8.8, $p < 0.05$, Day mean rank = 5.8 and Night mean rank = 13.7	H1,20 = 0.2, $p > 0.05$, Day mean rank = 10 and Night mean rank = 11.1
Medes	H1, 12 = 3.2, $p = 0.07$, Winter mean rank = 7.8 and Summer mean rank = 3.9	H1, 23 = 15.9, $p < 0.01$, Day mean rank = 6.7 and Night mean rank = 17.8	H1, 24 = 11.1, $p < 0.01$, Day mean rank = 16.9 and Night mean rank = 7.3
Freus	H1, 12 = 0, $p > 0.05$, Winter mean rank = 6.5 and Summer mean rank = 6.5	H1, 24 = 1.5, $p > 0.05$, Day mean rank = 10.8 and Night mean rank = 14.3	H1, 24 = 0.02, $p > 0.05$, Day mean rank = 12.3 and Night mean rank = 12.7
Dragonera	n/a	H1, 24 = 1.3, $p > 0.05$, Day mean rank = 11.0 and Night mean rank = 14.3	H1, 24 = 0.4, $p > 0.05$, Day mean rank = 11.7 and Night mean rank = 13.5
Serra Gelada non-fish farm	H1, 12 = 3.5, $p = 0.06$, Winter mean rank = 7.9 and Summer mean rank = 3.8	H1, 24 = 0.9, $p > 0.05$, Day mean rank = 11.3 and Night mean rank = 14.0	H1, 24 = 2.2, $p > 0.05$, Day mean rank = 10.5 and Night mean rank = 14.8
Serra Gelada fish farm	H1, 12 = 0.06, $p > 0.05$, Winter mean rank = 6.7 and Summer mean rank = 6.1	H1, 24 = 9.97, $p < 0.01$, Day mean rank = 8.3 and Night mean rank = 17.5	H1, 24 = 1.7, $p > 0.05$, Day mean rank = 14.2 and Night mean rank = 10.5
Migjorn	H1, 12 = 5.7, $p < 0.05$, Winter mean rank = 8.3 and Summer mean rank = 3.0	H1, 24 = 16.7, $p < 0.01$, Day mean rank = 7.1 and Night mean rank = 18.9	H1, 24 = 0.4, $p > 0.05$, Day mean rank = 11.7 and Night mean rank = 13.5
Migjorn control	H1, 12 = 0.07 $p > 0.05$, Winter mean rank = 6.3 and Summer mean rank = 6.9	H1, 24 = 12.6, $p < 0.01$, Day mean rank = 7.8 and Night mean rank = 18.0	H1, 24 = 0.5, $p > 0.05$, Day mean rank = 11.5 and Night mean rank = 13.7
Levante	H1, 12 = 2.3, $p > 0.05$, Winter mean rank = 7.7 and Summer mean rank = 4.3	H1, 24 = 14.0, $p < 0.01$, Day mean rank = 7.5 and Night mean rank = 18.4	H1, 24 = 9.3, $p < 0.01$, Day mean rank = 16.5 and Night mean rank = 7.7
Levante control	H1, 12 = 3.2 $p > 0.05$, Winter mean rank = 5.9 and Summer mean rank = 2.0	H1, 24 = 4.5, $p < 0.05$, Day mean rank = 9.7 and Night mean rank = 15.8	H1, 24 = 0.1, $p > 0.05$, Day mean rank = 10.4 and Night mean rank = 9.6

A la vista de les diferències mostrades en aquest treball, la descripció acurada de la relació entre el PNMTAC i la població de dofí mular que el freqüenta precisa d'estudis dirigits expressament. Atesos el paper de l'espècie com a bioindicador de l'estat del medi, pel seu caràcter de depredador apical, la seva demostrada sensibilitat a activitats humanes com el renou o la pesca, i la seva catalogació com a prioritària a multitud de convenis i llistes, nacionals i internacionals, el coneixement de la població de *Tursiops truncatus* és una assignatura pendent per al Parc.

La manca del monitoratge de la presència del dofí mular no és l'única assignatura pendent per a Cabrera. Tampoc hi ha una base de dades sistematitzada d'albiraments de cetacis al PNMTAC. Les úniques dades facilitades pel Parc corresponen a una sèrie d'observacions de rorqual comú d'un any concret. Per tenir una idea de les altres espècies de mamífers marins que poden trobar-se a les aigües de l'arxipèlag, s'han seleccionat les deteccions registrades a l'entorn del PNMTAC en les sortides del BSWP de l'associació Tursiops (Fig. 8).

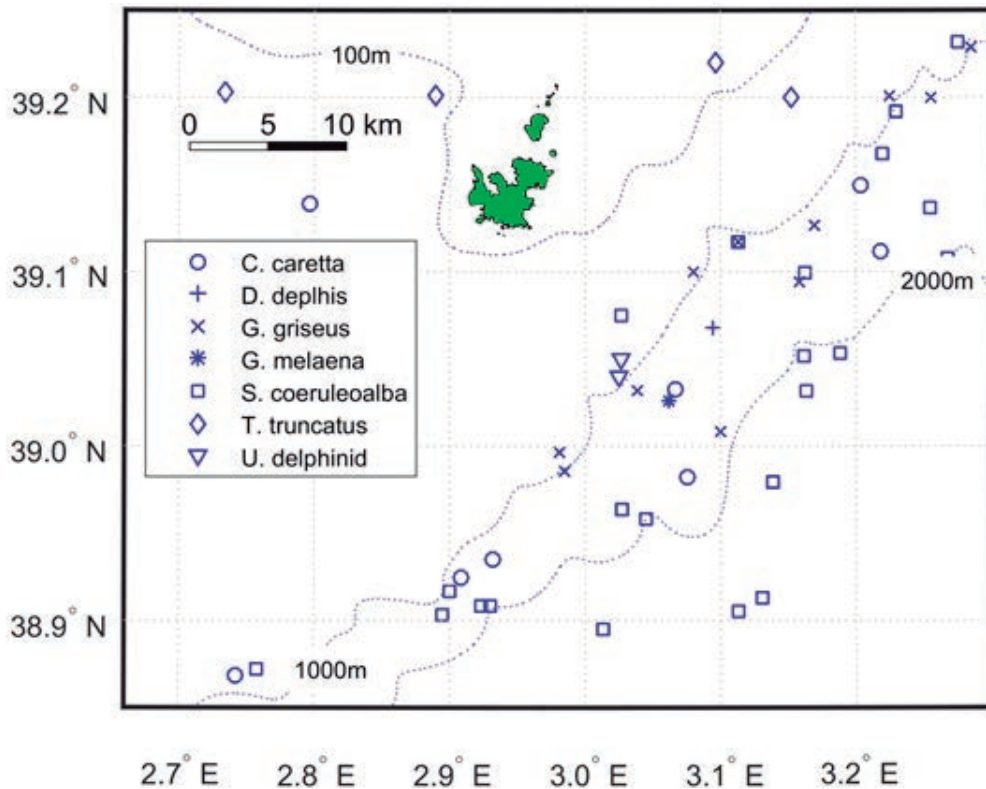


Figura 8. Albiraments de cetacis i tortugues a l'entorn de Cabrera, 2003-2017. “U. delphinid” inclou els dofins no identificats.

Al marge de *T. truncatus* i *Physeter macrocephalus* (tractat a un altre article d'aquesta Monografia), al si del BSWP les espècies observades prop de Cabrera durant el període 2003-2017 són *Stenella coeruleoalba* (dofí llistat), *Delphinus delphis* (dofí comú), *Grampus griseus* (cap d'olla gris) i *Globicephala melaena* (cap d'olla).

L'espècie observada amb més freqüència és el dofí llistat, que representa el 52,5% dels registres, tots més enllà de la plataforma continental, tal i com és esperable del cetaci més abundant a la Mediterrània i de distribució oceànica.

El dofí mular que, per la seva abundància i distribució, hauria d'ocupar el segon lloc en la freqüència d'albiraments, queda per davall del cap d'olla gris, amb un 10 i 27,5% respectivament. Això és pel biaix produït per la tipologia de l'esforç de recerca del BSWP: com que aquest es centra en el catxalot, espècie pròpia del talús continental, òbviament ha provocat que el nombre de milles navegades sobre plataforma sigui mínim. Emperò, no deixa de ser cridanera l'alta presència del cap d'olla gris associada a l'escarpament de l'est de Cabrera (Fig. 8), quan a la mar Lligur l'espècie pateix un greu procés de rarefacció (Pirota, *com. pers.*). A més, de les dades del BSWP (d'abast geogràfic balear, veure Fig. 9) es desprèn que presenta una distribució contagiosa als voltants de Cabrera, compatible amb una associació entre l'espècie i les condicions ecològiques de l'entorn del PNMTAC.

El rorqual comú és una espècie migratòria habitual a l'entorn de les illes Balears, especialment a finals d'hivern-principi de primavera i finals d'estiu-principi de tardor. No obstant, a la base de dades del BSWP no s'ha registrat a les proximitats de Cabrera, tot i que podria ser un miratge del mostratge. Les campanyes del BSWP són exclusivament estivals, cosa que provoca que el rorqual comú sigui una espècie sub-mostrada a les Illes. L'any 2012, personal del PNMTAC registrà fins

a 6 albiraments de rorqual, entre els mesos de febrer i març. Molt probablement, aquesta presència es torna a repetir any rere any però, de nou, la manca de monitoratge no ens permet assegurar-ho.

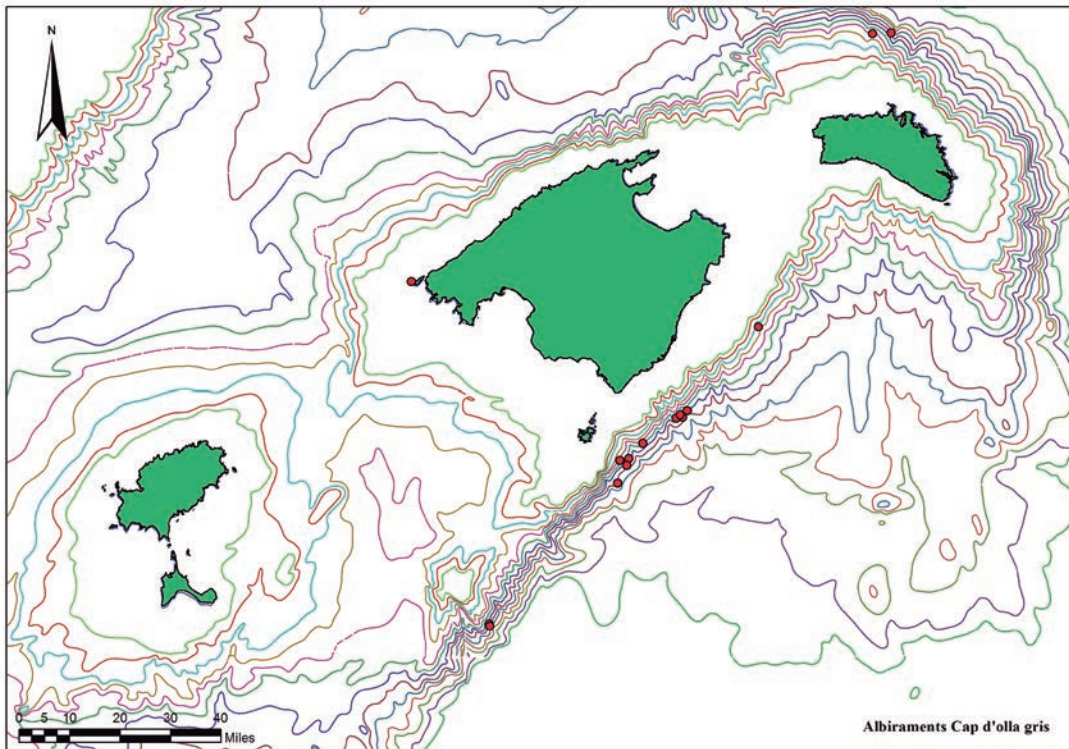


Figura 9. Albiraments de *Grampus griseus* a les Illes Balears.

Tot plegat, aquesta breu descripció apunta que el Parc Nacional Marítim Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera i el seu entorn podrien ser una àrea d'especial interès per als cetacis, especialment el dofí mular, el cap d'olla gris i el catxalot (veure l'article dedicat a l'espècie en aquesta Monografia). Malauradament, confirmar aquesta importància exigeix un monitoratge regular i periòdic que permeti definir i descriure amb exactitud les relacions entre aquestes espècies emblemàtiques i protegides i el PNMTAC, i els impactes negatius presents, per tal de dissenyar un pla de gestió eficaç que n'asseguri la pervivència. Una assignatura pendent.

AGRAÏMENTS

Per a la redacció d'aquest article s'han extret dades d'un gran nombre de treballs, projectes, fonts... agrair de forma individual a tots els que, d'un forma o altra, han ajudat a desenvolupar-los, és una tasca impossible sense l'ajut informàtic d'una base de dades que no existeix. Serveixi aquest agraïment col·lectiu per totes i cadascuna de les persones i institucions que han permès quasi dues dècades d'estudis de cetacis a les Balears.

REFERÈNCIES

- Aguilar, A., 1989. A record of two humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the western Mediterranean Sea. *Marine Mammal Science*, 5(3), 306-309.
- Alomar, C., Deudero, S., Tor, A. i Brotons, J., 2013. New isotopic data for bottlenose dolphins in the Balearic Islands. In Pons, G.X., Ginard, A. i Vicens, D. (ed.) *Proceedings of the VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, Palma, 2013*. Societat Història Natural de les Illes Balears, pp. 249-250.
- Azzellino, A., Gaspari, S., Airoldi S. i Nani, B., 2008. Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 55(3), 296-323.
- Barros, N.B. i Odell, D.K., 1990. Food habits of bottlenose dolphins in the Southeastern United States. In Reeves, L. (ed) *The Bottlenose Dolphin*. San Diego, CA, USA: Academic Press, pp 309-328.
- Bearzi, G., Agazzi, S., Bonizzoni, S., Costa, M. i Azzellino, A., 2008. Dolphins in a bottle: abundance, residency patterns and conservation of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the semi-closed eutrophic Amvrakikos Gulf, Greece. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(2), 130-146.
- Bearzi, G. i Fortuna, C., 2006. Common bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Mediterranean subpopulation). In Sciara R.R.R.G.N.d. (ed) *The Status and Distribution of Cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea*. Málaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, pp 64-73.
- Bearzi, G., Holcer, D. i Notarbartolo di Sciara, G., 2004. The role of historical dolphin takes and habitat degradation in shaping the present status of northern Adriatic cetaceans. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14(4), 363-379.
- Bearzi, G., Notarbartolo-di-Sciara, G. i Politi, E., 1997. Social ecology of bottlenose dolphins in the Kvarnerić (northern Adriatic Sea). *Marine Mammal Science*, 13(4), 650-668.
- Bearzi, G., Politi, E., Agazzi, S., Bruno, S., Costa, M. i Bonizzoni, S., 2005. Occurrence and present status of coastal dolphins (*Delphinus delphis* and *Tursiops truncatus*) in the eastern Ionian Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(3), 243-257.
- Bearzi, G., Politi, E. i Sciara, G.N., 1999. Diurnal behavior of free-ranging bottlenose dolphins in the Kvarneri (Northern Adriatic Sea). *Marine Mammal Science*, 15(4), 1065-1097.
- Blanco, C., Salomón, O. i Raga, J., 2001. Diet of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the western Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 81(06), 1053-1058.
- Blanco, J.C. i González, J.L., 1992. *Libro Rojo de los Vertebrados de España.*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Borrell, A., Aguilar, A., Forcada, J., Fernández, M., Aznar, F. i Raga J., 2000. Varamiento de cetáceos en las costas españolas del Mediterráneo durante el período 1989-1992. *Miscel·lània Zoològica*, 23(1), 53-69.
- Borrell, A., Aguilar, A., Tornero, V., Sequeira, M., Fernandez, G. i Alis, S., 2006. Organochlorine compounds and stable isotopes indicate bottlenose dolphin subpopulation structure around the Iberian Peninsula. *Environment International*, 32(4), 516-523.
- Bosca, A., 1916. Fauna del reino de Valencia. Ed. A. Mareín. Valencia.
- Bräger, S., Würsig, B., Acevedo, A. i Henningsen, T., 1994. Association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Galveston Bay, Texas. *Journal of Mammalogy*, 75(2), 431-437.
- Brotons, J., 2015. Catxalots a Balears: una cultura amenaçada. *Monografia de la SHNB*, 20(Llibre verd de protecció d'Espècies a les Balears), 326.
- Brotons, J. i Islas-Villanueva, V., 2013. Genetic characterisation of bottlenose dolphins (*T. truncatus*) in the Balearic Islands. *Proceedings of the 27th Annual Conference of the European Cetacean Society, Setubal, Portugal, 2013*.
- Brotons, J., Martin, A., Jiménez, J., Chastaing, Y. i Castellote, M., 2010. Marine protected areas and *Tursiops truncatus* in the Balearic Islands: conservation involvement. *Proceedings of the 24th Annual Conference of the European Cetacean Society, Stralsund, Germany, 2010*.
- Brotons, J., Munilla, Z. i Grau, A.M., 2008a. Interaccions dofins mulars/pesqueres artesanals a Balears: diferències "dofins-culturals". In Pons G.X. (ed.) *Proceedings of the V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, Palma*.
- Brotons J., Munilla, Z. i Grau, A.M., 2008b Local fisheries interactions with bottlenose dolphins in the Balearic Islands: a case of dolphin "cultural" differences? In Evans P.G.H. (ed.) *Proceedings of the 22nd Annual Conference European Cetacean Society, Egnond aan Zee, Holland*.
- Brotons J., Yuste, L. i Grau A.M., 2009. Analysis using GIS of home range, habitat use and relationships with fisheries by bottlenose dolphins in Port d'Andratx. In Evans P.G.H. (ed.) *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the European Cetacean Society, Istanbul, Turkey*.
- Brotons, J.M., 2016. *Ecologia del dofí mular, tursiops truncatus, en las Islas Baleares*. Universitat de les Illes Balears.
- Brotons, J.M. i Grau, A.M. 2005. Bottlenose dolphin and artisanal fisheries interactions in the Balearic Islands: A final Report. In Evans P.G.H. (ed.) *Proceedings of the Annual Conference of the European Cetacean Society, La Rochelle*.
- Brotons, J.M., Grau, A.M. i Rendell, L., 2008c. Estimating the impact of interactions between bottlenose dolphins and artisanal fisheries around the Balearic Islands. *Marine Mammal Science*, 24(1), 112-127.
- Brotons, J.M., Munilla, Z., Grau, A.M. i Rendell, L.E., 2008d. Do pingers reduce interactions between bottlenose dolphins and nets around the Balearic Islands? *Endangered Species Research*.
- Brotons J.M., Yuste, L. i Grau, A.M., 2011. Bottlenose dolphins movements in relations with anthropic activities in Majorca (Balearic Islands). In Verborgh G. (ed.) *Proceedings of the 25th Annual Conference of the European Cetacean*

- Society, Cádiz, Spain.* pp. 266.
- Brotons, J., Islas-Villanueva, V., Alomar, C., Tor, A., Fernandez, R., Deudero, S. 2019. Genetics and stable isotopes reveal non-obvious population structure of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) around the Balearic Islands. *Hydrobiologia*, 842, 233-247
- Cabrera, A., 1914. Fauna Ibérica. Mamíferos. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. 441 pp. Spanish.
- Cañadas, A. i Hammond, P., 2006. Model-based abundance estimates for bottlenose dolphins off southern Spain: implications for conservation and management. *Journal of Cetacean Research and Management*, 8(1), 13.
- Cañadas, A., Sagarminaga, R. i García-Tiscar, S., 2002. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49(11), 2053-2073.
- Casinos, A., 1981. Notes on cetaceans of the Iberian coasts. A record of *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758) from the Island of Minorca. *Säugetierkund. Mitt*, 29(2), 80-81.
- Casinos, A. i Vericad, J.-R., 1976. The cetaceans of the Spanish coasts: a survey. *Mammalia*, 40(2), 267-290.
- Castellote, M., Brotons, J.M., Chicote, C., Gazo, M. i Cerdà, M., 2015. Long-term acoustic monitoring of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in marine protected areas in the Spanish Mediterranean Sea. *Ocean & Coastal Management*, 113, 54-66.
- Cockcroft, V. i Ross, G., 1990. Food and feeding of the Indian Ocean bottlenose dolphin off southern Natal, South Africa. *The Bottlenose Dolphin, Academic Press Inc, San Diego, California, USA*.
- Connor, R.C., Smolker, R. i Bejder, L., 2006. Synchrony, social behaviour and alliance affiliation in Indian Ocean bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus*. *Animal Behaviour*, 72(6), 1371-1378.
- Connor, R.C., Wells, R.S., Mann, J. i Read, A.J., 2000. The bottlenose dolphin: social relationships in a fission-fusion society. In J. Mann R.C.C., P. L. Tyack i H. Whitehead (ed) *Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales.*, Chicago, USA.: Chicago University.
- Consiglio, C., Arcangeli, A., Cristo, B., Marini, L. i Torchio, A., 1992. Interactions between *Tursiops truncatus* and fisheries along north-eastern coasts of Sardinia, Italy. *European Research on Cetaceans*, 6, 35-36.
- Culik, B.M., Koschinski, S., Tregenza, N. i Ellis, G.M., 2001. Reactions of harbor porpoises *Phocoena phocoena* and herring *Clupea harengus* to acoustic alarms. *Marine Ecology Progress Series*, 211, 255-260.
- De Stephanis, R., Cornulier, T., Verborgh, P., Sierra, J.S., Gimeno, N.P. i Guinet, C., 2008. Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. *Marine Ecology Progress Series*, 353, 275-288.
- Di Natale, A., 1992. Impact of fisheries on cetaceans in the Mediterranean Sea. *European Research on Cetaceans*, 6, 18.
- Di Natale, A. i Mangano, A., 1983. Killer whale, *Orcinus orca* (Linnaeus) and false-killer whale, *Pseudorca crassidens* Owen, in the Italian seas. *CIESM, Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 28(5), 181-182.
- Díaz López, B., 2006. Interactions between Mediterranean bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and gillnets off Sardinia, Italy. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 63(5), 946-951.
- Duguy, R., 1989. Les mammifères marins de la Méditerranée occidentale. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 114(3), 89-96.
- Duguy, R., Vila, À.A., Casinos, A., Grau, E. i Raga, J., 1988. Étude comparative des échouages de cétacés sur les côtes méditerranéennes de France et d'Espagne. *Miscel. l'Ania Zoologica*, 12, 339-345.
- Esteban, R., Verborgh, P., Gauffier, P., Giménez, J., Guinet, C. i De Stephanis, R., 2016. Dynamics of killer whale, bluefin tuna and human fisheries in the Strait of Gibraltar. *Biological Conservation*, 194, 31-38.
- FAO, 2005. Review of the state of world marine fishery resources. *FAO Fisheries Technical Paper*, 457.
- Fernández-Contreras, M., Brotons, J., Beltran, C. i Aguilar, A., 2002. Interactions between cetaceans and fishing activities in the Balearic Islands. *Proceedings of the Abstract book of the 16 th Annual Conference of the European Cetacean Society, Liege, Belgium.* pp. 39-40.
- Forcada, J., Gazo, M., Aguilar, A., Gonzalvo, J. i Fernández-Contreras, M., 2004. Bottlenose dolphin abundance in the NW Mediterranean: addressing heterogeneity in distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 275, 275-287.
- Gannier, A., 2005. Summer distribution and relative abundance of delphinids in the Mediterranean Sea. *Rev. Ecol.(Terre Vie)*, 60(3), 223-238.
- García Tiscar, S., 2010. *Interacciones entre delfines mulares (Tursiops truncatus) orcas (Orcinus orca) y pesquerías en el mar de Alborán y estrecho de Gibraltar.* Universidad Autónoma de Madrid, Enero.
- Gaspari, S., Airoidi, S. i Hoelzel, A.R., 2007a. Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in UK waters are differentiated from a population in the Mediterranean Sea and genetically less diverse. *Conservation Genetics*, 8(3), 727-732.
- Gaspari, S., Azzellino, A., Airoidi, S. i Hoelzel, A., 2007b. Social kin associations and genetic structuring of striped dolphin populations (*Stenella coeruleoalba*) in the Mediterranean Sea. *Molecular Ecology*, 16(14), 2922-2933.
- Gazo, M., Brotons, J. i Aguilar, A., 2002. Testing low-intensity transponders to mitigate bottlenose dolphin depredation on trammel nets. European Cetacean Society. *Proceedings of the 16 th Annual Conference—Liege, Belgium. Abstract.*
- Gazo, M., Fernandez-Contreras, M., Brotons, J.M. i Aguilar, A., 2001. Interactions between bottlenose dolphins and artisanal fisheries in the Balearic Islands: may acoustic devices be a solution to the problem. *Proceedings of the 15th annual conference of the European Cetacean Society, Rome, Italy.* pp. 6-10.
- Gihl, M. i Pilleri, G., 1969. On the anatomy and biometry of *Stenella styx* Gray and *Delphinus delphis* L. *Cetacea, Delphinidae*, 15-65.
- Gnone, G., Nuti, S., Bellingeri, M., Pannoncini, R. i Beddocchi, D., 2006. Spatial behaviour of *Tursiops truncatus* along the Ligurian sea coast: preliminary results. *Biologia Marina Mediterranea*, 13(2), 272-273.
- Gómez de Segura, A., Crespo, E., Pedraza, S., Hammond, P. i Raga, J., 2006. Abundance of small cetaceans in waters of

- the central Spanish Mediterranean. *Marine Biology*, 150(1), 149-160.
- Gómez de Segura, A., Tomás, J. i Raga, J., 2004. Sector Centro (Comunidad Valenciana y Región de Murcia). In Pantoja J.A. (ed) *Proyecto Mediterráneo: Zonas de especial interés para la conservación de los cetáceos en el Mediterráneo español.*, Madrid, Spain: Organismo autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. no. Naturaleza y Parques Nacionales, Serie técnica.
- Gonzalvo, J., Forcada, J., Grau, E. i Aguilar, A., 2014. Strong site-fidelity increases vulnerability of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in a mass tourism destination in the western Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(06), 1227-1235.
- Gonzalvo, J., Valls, M., Cardona, L. i Aguilar, A., 2008. Factors determining the interaction between common bottlenose dolphins and bottom trawlers off the Balearic Archipelago (western Mediterranean Sea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 367(1), 47-52.
- Gunnlaugsson, T. i Sigurjonsson, J., 1990. A note on the problem of false positives in the use of natural marking data for abundance estimation. *Report of the International Whaling Commission Special*, (12), 143-145.
- Irvine, A.B., Scott, M.D., Wells, R.S. i Kauffman, H., 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery Bulletin*, 79(4).
- Lauriano, G., Fortuna, C., Moltedo, G. i Notarbartolo di Sciarra, G., 2004. Interactions between common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and the artisanal fishery in Asinara Island National Park (Sardinia): assessment of catch damage and economic loss. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6(2), 165-173.
- Leatherwood, S. i Reeves, R.R., 1990. *The bottlenose dolphin*, San Diego: Elsevier.
- Markowitz, T.M., Harlin, A.D. i Wursig, B., 2003. Digital photography improves efficiency of individual dolphin identification. *Marine Mammal Science*, 19(1), 217-223.
- Mazzoil, M., McCulloch, S.D., Defran, R. i Murdoch, M.E., 2004. Use of digital photography and analysis of dorsal fins for photo-identification of bottlenose dolphins. *Aquatic Mammals*, 30(2), 209-219.
- Mioković, D., Kovačić, D. i Pribanić, S., 1999. Stomach content analysis of one bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*, Montague 1821) from the Adriatic Sea. *Natura Croatica*, 8(1), 61-65.
- Mussi, B. i Miragliuolo, A., 2003. I cetacei della costa nord occidentale dell'isola d'Ischia (Canyon di Cuma). *Ambiente marino e costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara-Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare.* Editori MC Gambi, M. De Lauro e F. Jannuzzi. *Memorie*, 213-232.
- Natale, D., 1990. Impact of fisheries on cetaceans in the Mediterranean Sea. In Peter G. H. Evans C.S. (ed.) *European Cetacean Society*. vol. 1, Palma: A. Aguilar, pp 140.
- Natoli, A., Birkun, A., Aguilar, A., Lopez, A. i Hoelzel, A.R., 2005. Habitat structure and the dispersal of male and female bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1569), 1217-1226.
- Natoli, A., Cañadas, A., Vaquero, C., Politi, E., Fernandez-Navarro, P. i Hoelzel, A.R., 2008. Conservation genetics of the short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) in the Mediterranean Sea and in the eastern North Atlantic Ocean. *Conservation Genetics*, 9(6), 1479-1487.
- Nicolas, J., Potter, D.C., Potter, C.W. i Rosel, P.E., 2001. Results of a field collection of biopsy samples from coastal bottlenose dolphins in the Mid-Atlantic. *National Marine Fisheries Service*, 8.
- Notarbartolo di Sciarra, G. i Bearzi, G., 2005. Research on cetaceans in Italy. *Marine Mammals of the Mediterranean Sea: Natural History, Biology, Anatomy, Pathology, Parasitology*, Massimo Valdina Editore, Milano.
- Notarbartolo Di Sciarra, G., Venturino, M.C., Zanardelli M., Bearzi G., Borsani F.J. i Cavalloni B., 1993. Cetaceans in the central Mediterranean Sea: distribution and sighting frequencies. *Italian Journal of Zoology*, 60(1), 131-138.
- Otero, M.d.M. i Conigliaro, M., 2012. *Marine mammals and sea turtles of the Mediterranean and Black Seas*: IUCN.
- Pirotta, E., Matthiopoulos, J., MacKenzie, M., Scott-Hayward, L. i Rendell, L., 2011. Modelling sperm whale habitat preference: a novel approach combining transect and follow data. *Marine Ecology Progress Series*, 436, 257-272.
- Reeves, R. i Notarbartolo di Sciarra, G., 2006. The status and distribution of cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea. *IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain*. vol. 1, pp 137.
- Reeves, R.R., Read, A.J. i di Sciarra G.N., 2001. Report of the Workshop on Interactions between Dolphins and Fisheries in the Mediterranean, Evaluation of Mitigation Alternatives: Roma, 4-5 May 2001. ICRAM.
- Rendell, L., Simião, S., Brotons, J., Airoidi, S., Fasano, D. i Gannier, A., 2014. Abundance and movements of sperm whales in the western Mediterranean basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(S1), 31-40.
- Reynolds, J.E., Wells, R.S. i Eide, S.D., 2000. *The bottlenose dolphin: biology and conservation*: University Press of Florida Gainesville.
- Richard, J., 1936. *Documents sur les cétacés et pinnipèdes provenant des campagnes du prince Albert Ier de Monaco*: Imprimerie de Monaco.
- Sackl, P., Saveljić, D., Smole, J. i Štumberger, B., 2007. Inland observations of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) in the Delta of the Bojana/Buna river, Albania and Montenegro.
- Shane, S.H., Wells, R.S. i Würsig, B., 1986. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1), 34-63.
- Silvani, L., Raich, J. i Aguilar, A., 1992. Bottle-nosed dolphins, *Tursiops truncatus*, interacting with fisheries in the Balearic Islands, Spain. *European Research on Cetaceans*, 6, 32-34.
- Stevick, P.T., Palsbøll, P.J., Smith, T.D., Bravington, M.V. i Hammond, P.S., 2001. Errors in identification using natural markings: rates, sources, and effects on capture recapture estimates of abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(9), 1861-1870.
- Tregenza, N., Northridge, S., Rogan, E. i Hammond, P., 2001. Monitoring echo-location activity of porpoises around

- set gill nets. *European Research on Cetaceans*, 15, 359.
- UNEP, 1998. Interaction of fishing activities with cetacean populations in the Mediterranean Sea.
- Vallon, D., Guigo, C. i Duguy, R., 1977. Le globicéphale noir, *Globicephala melaena* (Traill, 1809) en Méditerranée occidentale. *Rapport de la Commission Internationale sur la Mer Méditerranée*, 24(5), 25-26.
- Wells, R.S., Irvine, A.B. i Scott, M.D., 1980. The social ecology of inshore odontocetes. *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*, 263-317.
- Wells, R.S. i Scott, M.D., 1999. Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In Harrison S.H.R.R. (ed) *Handbook of Marine Mammals, Vol. VI, The second Book of Dolphins and Porpoises*. San Diego, USA: Academic Press, pp 137-182.
- Wells, R.S., Scott, M.D. i Irvine, A.B., 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. *Current mammalogy*. Springer, pp 247-305.
- Wilson, B., Hammond, P.S. i Thompson, P.M., 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological applications*, 9(1), 288-300.
- Wilson, D.R.B., 1995. *The ecology of bottlenose dolphins in the Moray Firth, Scotland: a population at the northern extreme of the species' range*. University of Aberdeen.
- Würsig, B. i Jefferson, T.A., 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. *Reports of the International Whaling Commission. Special*, (12), 42-43.
- Würsig, B. i Würsig, M., 1977. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). *Science*, 198(4318), 755-756.

LA GESTIÓ DE LA PESCA ARTESANAL A CABRERA: PASSAT, PRESENT I PERSPECTIVES DE FUTUR

Margalida Cerdà

Asociación Tursiops.
Palma, Illes Balears.

m.cerda@asociaciontursiops.org

Antoni M. Grau

Societat d'Història Natural de Balears.
Palma, Illes Balears

Servei de Recursos Marins,
Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.
Palma, Illes Balears

José M. Brotons

Asociación Tursiops.
Palma, Illes Balears.

Cerdà, M., Grau, A.M. i Brotons, J.M. (2020). La gestió de la pesca artesanal a Cabrera: Passat, present i perspectives de futur. *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM:

S'analitza l'evolució de la pesca professional al Parc Nacional Marítim-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera i el seu sistema de gestió, a partir de les dades oficials del període 2002-2017. Es compara la gestió amb l'evolució dels recursos i es proposa, en particular a la vista de les noves necessitats que es plantegen en matèria pesquera amb la recent ampliació del Parc, un model de gestió amb objectius ambientals i de recuperació.

Paraules clau: *Pesca artesanal, Parc Nacional de Cabrera, Pla de gestió, mesures de gestió*

ABSTRACT:

The evolution of fishing in the Cabrera National Park and its management system is analyzed for the period 2002-2017 using official data available. Comparing the management with the evolution of the resources and, in particular related to the recent expansion of the Park, a model of management with environmental objectives and recovery is proposed.

Key words: *Artisanal fishing, Cabrera National Park, Management Plan, management actions*

INTRODUCCIÓ

A Cabrera es pesca des de molt antic, tal com ja van documentar Frontera *et al.* (1993) en la primera Monografia de la SHNB (Alcover *et al.*, 1993). Tot i això, no és fins a l'últim terç del segle XIX quan s'estableixen de forma permanent pescadors a la costa del Migjorn de Mallorca (Lucas i Ordinas, 2013), que són els que es dediquen a explotar les aigües de Cabrera de forma regular. L'activitat pesquera professional a Cabrera va experimentar un augment important durant la primera meitat del segle XX, estimulat pels avanços tecnològics (motors d'explosió, materials sintètics per als ormejos, salpadors hidràulics, electrònica), que es va mantenir, amb alts i baixos, fins poc abans de la creació del PNMTAC, quan es va regular i limitar severament.

A les Illes Balears, la pesca professional va entrar en declivi a partir dels anys 80 del passat segle, de manera que en 30 anys (1986-2016) s'han perdut el 61,5% d'unitats (de 805 embarcacions a 310), en particular d'arts menors (el 63,5% de les embarcacions, de 706 a 258), (Grau *et al.*, 2015). L'inici del declivi va coincidir en el temps amb la creació del PNMTAC, cosa que emmascara i dificulta la comprensió del que ha passat amb la pesca a Cabrera des d'aleshores.

El primer objectiu d'aquest capítol és descriure l'estat del sector pesquer artesanal a l'entorn del Parc, posant al dia els coneixements sobre la pesca al PNMTAC i a l'illa de Mallorca en general, ampliant els coneixements exposats a Frontera *et al.* (1993). També s'explicarà el funcionament de la gestió de la pesca al Parc, i en particular del seu principal instrument, el Pla de Gestió de la Pesca de 2001, pioner en el seu moment, del qual se'n discutirà la incidència a nivell de conservació. Així mateix, es proposaran possibles mesures a prendre en la gestió de la pesca al parc nacional encaminades a recuperar una estructura ecosistèmica més semblant a la d'una Mediterrània prístina.

EL PLA DE GESTIÓ DE LA PESCA AL PARC NACIONAL DE CABRERA

L'any 2001, i després de més de 3 anys de tramitació administrativa es va publicar el Reial Decret 941/2001, de 3 d'agost, *pel qual s'estableix el règim de protecció dels recursos pesquers del Parc Nacional Marítim-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera*, a l'annex del qual es pot trobar el "Pla sectorial de regulació de les activitats extractives dels recursos naturals marins en l'àmbit del Parc Nacional Marítim-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera". Sota aquest nom hi ha un veritable Pla de Gestió de la pesca al Parc Nacional de Cabrera (PGP) i així es considerarà d'ara endavant. No podem oblidar que, quan el PNMTAC es va crear, la pretensió original dels seus impulsors era eliminar els pescadors d'arts menors a mesura que arribaven a l'edat de jubilació (Avellà, 1985 i Mayol 1993), de manera que el PGP va suposar una mutació important d'aquest criteri, de forma similar al que va ocórrer al Parc Nacional de Port-Cros (Cadiou *et al.*, 2008).

El PGP és el document bàsic de gestió pesquera del Parc i, en el seu moment, va ser un instrument innovador i pioner. Els seus aspectes més rellevants són:

Cens d'embarcacions. Es crea un cens d'embarcacions autoritzades per a la pesca al PNMTAC, limitat només a aquelles embarcacions de pesca "artesanal i tradicional" que demostraren habitualitat dins de la zona protegida. Atès que el concepte "pesca artesanal" no existeix en la normativa pesquera espanyola, dins el cens no tan sols hi entraren embarcacions de les modalitats d'arts menors i de palangre de fons sinó també dues corresponents a la modalitat d'encerclament. El cens inicial era de 84 embarcacions adscrites a quatre confraries de pescadors (44 de la Colònia de Sant Jordi, 17 de Santanyí, 7 de Portocolom i 16 de Palma) i es revisà en 2002 i posteriorment en 2017, que és l'actualment vigent i inclou 49 embarcacions: 28 de la Colònia de Sant Jordi, 9 de Santanyí, 3 de Portocolom i 9 de Palma. Amb la recent ampliació, atès que el PNMTAC ha crescut eminentment cap a llevant i que el Decret 17/2003 limita l'activitat de la flota d'arts menors a un radi de 24 milles del seu port base, es calcula que un màxim de 8 barques professionals d'arts menors pertanyents a les confraries de Portocolom, Santanyí i Colònia de Sant Jordi actualment no incloses al cens puguin passar a formar-hi part. D'aquesta manera, el cens d'embarcacions autoritzades a la pesca dins el Parc previsiblement podria quedar en 54 embarcacions.

Limitació de l'esforç. S'estableixen limitacions quant al nombre d'embarcacions feinejant simultàniament per modalitats, limitacions en esforç per a cada tipus d'art, rotació de zones de pesca a més de vedes temporals per ormejos. Així, i tot i que potencialment (en origen) eren 84 embarcacions les que podien pescar a Cabrera, en realitat mai n'hi podia haver més de vint feinejant simultàniament.

Quadern d'activitat. El PGP també inclou la necessitat i obligatorietat de dur al dia un quadern d'activitats per part de totes les embarcacions de la flota professional autoritzada, on es registra informació sobre el lloc de calada, esforç i captures. Setmanalment cada confraria ha de remetre a l'administració del Parc una còpia de la informació rebuda.

Llistat setmanal de llicències d'activitat i cogestió. Per a cada modalitat de pesca s'estableixen llicències d'activitat setmanals (Taula I), la distribució de les quals la gestiona la Federació Balear de Confraries de Pescadors d'acord amb unes quotes per confraries ja establert prèviament pel PGP (Taula II). Cada divendres, la FBCP (Federació Balear de Confraries de Pescadors) remet a

primer, de generalitats sobre l'acció i esforç de pesca, inclou el nom de l'embarcació, la data de pesca, el tipus d'art o ormeig i el nombre d'elements utilitzats. El segon grup és d'informació geogràfica, i indica, sobre una quadrícula de caselles, la posició on s'han produït cada una de les accions de pesca. El tercer grup d'informació es referia a les captures, i recull per a cadascuna de les espècies capturades, el nombre d'exemplars i/o el pes estimat. El quart bloc es refereix, si és el cas, als tipus de pesca accessori a l'art principal que s'ha utilitzat el mateix dia de pesca i en recull també l'esforç i hores de dedicació a aquestes arts accessòries. La base de dades conté 5.306 fulles de comunicacions de captura al PNMTAC per al període 2004-2017. Part d'aquesta informació ja ha estat tractada en altres treballs (Álvarez *et al.*, 2007; Mora *et al.*, 2009).

Notes de venda. La normativa pesquera obliga el registre dels productes pesquers, com a mínim, en el moment de la seva primera venda. A Mallorca, el comerç dels productes pesquers, tot i l'existència de punts de primera venda a alguns ports, es centralitza a la llotja de Palma que gestiona l'Organització de Productors Mallorcamar. Cada venda individual que es produeix cada dia genera a la OPMallorcamar un document anomenat "nota de venda", el qual és remès automàticament a una base de dades de la DGPM. Cada dia que una barca fa vendes, poques o moltes, queden enregistrades a la base de dades. Els registres recullen, per a cada categoria comercial FAO (espècie), el venedor (la barca), el comprador, el pes (Kg) i el preu del producte (€/Kg) així com el valor total en euros de la venda. D'aquesta manera es generen notes de venda per dia i barca que, normalment, corresponen a les captures del dia anterior. El registre electrònic de les notes de venda va començar l'any 2002 i en aquest treball s'ha tingut accés a les dades del període 2002-2017.

Tot i que, com ja s'ha explicat, al cens d'embarcacions autoritzades hi ha barques de quatre confraries (Palma, Portocolom, Colònia de Sant Jordi i Santanyi), aquest treball s'ha centrat preferentment en les notes de venda de les embarcacions d'arts menors de la confraria de la Colònia de Sant Jordi. S'ha pres aquesta assumpció considerant que era l'aproximació més realista i representativa perquè, d'acord amb les enquestes d'activitat (Cerdà, 2015), la Confraria de Pescadors de la Colònia de Sant Jordi (CPCSJ), apart de ser el port més proper, és la que té més rellevància i activitat al Parc Nacional. Les altres tres confraries, tot i que són importants, n'hi fan un esforç menor. Per a cada any s'han considerat totes les barques que han generat, almanco, una nota de venda dins l'any en qüestió.

Enquestes. En el marc de la possible ampliació del PNMTAC, per iniciativa de l'administració del Parc, es van fer 33 enquestes personals, a peu de moll, a pescadors artesanals (Cerdà, 2015). Els qüestionaris inclouen informació vers el perfil professional del pescador, l'embarcació, les arts i ormejos utilitzats per èpoques de l'any, les àrees de pesca, així com la valoració personal de la importància econòmica que els suposa la pesca dins els límits del Parc, de la gestió pesquera al Parc, del cens d'embarcacions autoritzades i de l'ampliació del Parc.

En pro d'una major claredat en l'exposició, en cap cas s'ha aprofundit en l'anàlisi estadística de les dades. Tots els resultats es presenten de manera senzilla i simplificada exposant valors mitjans anuals ajustant a línies de tendència lineal.

RESULTATS

Anàlisi comparativa de la normativa pesquera. El PNMTAC és l'àrea marina de les Illes Balears amb majors restriccions pesqueres. D'entrada, d'ençà de la declaració del Parc i de l'aprovació del primer PORN el 1992, només està permesa "la pesca artesanal tradicional", de manera que ni la pesca recreativa ni les modalitats professionals de ròssec, de palangre de superfície i de pesca de corall no es poden practicar. Així mateix, gran part de cales i zones costaneres estan declarades reserva marina i són lliures de tot tipus de pesca (Fig. 1) i s'hi va establir, en tot el litoral, una profunditat mínima de 20 metres per poder calar xarxes d'emmallament o palangres.

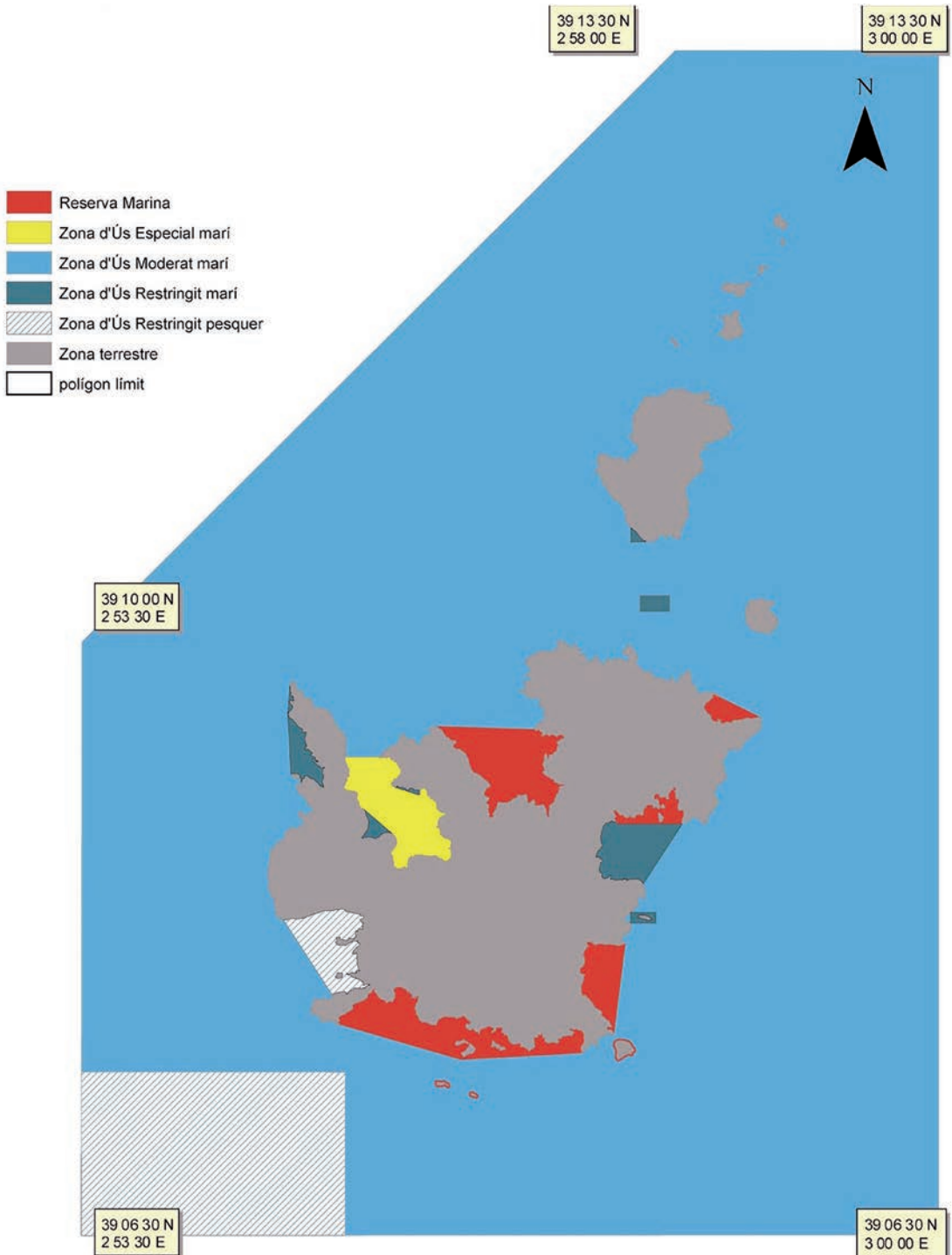


Figura 1. Mapa de zonificació marina del PNMTAC.

Per altra banda, i com ja s'ha explicat a la introducció, al Parc existeix una mesura de gestió pesquera que no s'aplica a cap altra zona de les Illes Balears, com és la regulació del nombre màxim de barques (de les incloses al cens) que poden pescar-hi simultàniament, amb quotes concretes per modalitats.

Per tal d'il·lustrar l'abast relatiu de les restriccions, a la Taula III es comparen les normatives del PNMTAC, de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca (RMMM), adjacent al Parc, i la general a les aigües interiors de les Illes Balears. Les dades es presenten separades per modalitats i arts.

Taula III. Anàlisi de d'aspectes concrets de la normativa pesquera dins l'àmbit del PNMTAC, de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca i a les aigües interiors de les Illes Balears. S.R.: Sense regulació específica. Regulació IB: Mateixa regulació que a les aigües interiors de les Illes Balears.

	PNMT Cabrera	Reserva Marina Migjorn de Mallorca	Aigües interiors de les Illes Balears
	Cens tancat de barques d'arts menors	Cens tancat de barques arts menors	Professionals d'arts menors
	Zonificació	Zonificació	S.R.
Enmallament	Malla mínima de 5 passades	Malla mínima de 5 passades	Malla mínima de 6 passades
	Màxim 1500 m per tripulant embarcat	Màxim 2000 m per embarcació	Màxim 2000 m per tripulant embarcat
	Màxim 3750 m de llargada total	Màxim 2000 m per embarcació	Màxim 5000 m de llargada total
	Entre 1 de novembre i 31 de gener només primes i aubes	S.R.	S.R.
	Gener i febrer màxim 6 barques	S.R.	S.R.
	Març a desembre màxim 8 barques	S.R.	S.R.
	Profunditat mínima de calat 20 metres	S.R.	S.R.
	Prohibit tremall de llagosta	Màxim 2000 m per embarcació	Excepcionalment a més de 60 metres entre 1 abril i 31 d'agost
	Molls, entre 1 d'agost i 30 de novembre	Regulació IB	Molls, entre 1 de juliol i 31 de desembre
	Gerret, entre 1 de gener i 15 de març	Regulació IB	Gerret, entre 1 d'octubre i 31 de març
	Malla mínima per a molls 8 passades	Malla mínima per a molls 8 passades	Malla mínima per molls a 8 passades
	Malla mínima per a gerret 11 passades	Malla mínima per a gerret 11 passades	Malla mínima per a gerret 11 passades
	Màxim 8 barques	S.R.	S.R.
	Regulació IB	Regulació IB	Màxim 16 hores de calat
	Regulació IB	Regulació IB	Profunditat màxima de calat 60 metres
Palangre	Longitud màxima de 3000 metres	Regulació IB	Longitud màxima 4000 metres
	Màxim 500 hams	Màxim 500 hams	Màxim 1000 hams
	Mida mínim d'ham de 35.5 mm llargada per 13mm de sinus	Regulació IB	Mida mínima d'ham 23 mm llargada per 9 mm de sinus
	Prohibit esca de sang entre el 15 febrer i el 15 d'abril	S.R.	S.R.
	Només a profunditats majors de 20 metres	S.R.	S.R.
	Màxim 5 barques	S.R.	S.R.
Encerclament	Només a profunditats majors de 50 metres	Prohibit	Només a profunditats majors de 35 metres
	Màxim 1 barca	Prohibit	S.R.
	Ormeig d'estiu entre 1 de maig a 31 d'agost	Prohibit	S.R.
Arts de Parada	Ormeig d'hivern no permès	Regulació IB	Ormeig d'hivern entre 1 d'octubre i 31 de març
	Incompatible amb tremall o palangre	Regulació IB	Compatible amb 1000 metres de tresmall o 500 hams
	Màxim 3 barques	S.R.	S.R.
Jonquillera	Només entre l'1 de desembre i el 31 de març	Regulació IB	Només entre el 15 desembre i el 30 d'abril
Trampes	Màxim 150 nanses	Regulació IB	Màxim 400 nanses
Potera, volantí i curricà	Només barques incloses al cens de Cabrera	Permesa	Permesa
Ròssec	Prohibida	Permesa (amb limitacions)	Permesa
Recreativa	Prohibida	Permesa	Permesa

Pel que fa a les arts d'emballament, la regulació dins el PNMTAC té semblances amb la de la RMMM i és considerablement més restrictiva que la normativa general. Així, la llum de malla mínima (80 mm, 5 passades per pam) és la mateixa, igual que la veda temporal durant els mesos de novembre, desembre i gener per a la pesca de tota la nit. Quant a la longitud màxima de l'art, la permesa al parc (3.750 m) és un 88% més gran que a la reserva (2.000 m), però com que és relativa al nombre de tripulants presents a bord i normalment només n'hi ha un (Cerdà, 2015), l'esforç habitual al parc (1.500 m) és un 25% inferior que a la reserva (2.000 m). Les diferències més significatives entre les dues figures de protecció quant a les arts d'emballament és que dins el Parc estan prohibides les xarxes de llagosta i tampoc es pot simultaniejar la pesca amb xarxes amb les arts de parada.

Quant al palangró, les diferències més significatives són la mida mínima dels hams, que al parc han de tenir el sinus un 40% més gran que a fora i la llargària màxima de la mare, que dins del parc (3.000 m) és un 25% menor que fora (4.000 m). Al parc el palangró, com el tremall, tampoc es pot simultaniejar amb les arts de parada i existeix una limitació de no emprar "esquer de sang" entre el 15 de febrer i el 15 d'abril, tot i que es tracta d'una mesura per protegir els ocells marins i no per reduir l'esforç pesquer.

Respecte de les arts de parada, al PNMTAC el PGP en manté 6 punts de calat, repartits entre les confraries de la Colònia de Sant Jordi (4) i de Santanyí (2), tot i que només es permet calar ormeig d'estiu, bàsicament morunes, de l'1 de maig al 31 d'agost. Abans de la creació del PNMTAC, aquesta era una de les arts més emprades pels pescadors artesanals, però la declaració de gran part de cales i zones costaneres com àrees lliures de pesca va suprimir la majoria de punts (prop d'una vintena, A.M. Grau *com.pers*). Per altra banda, la prohibició de simultaniejar-ne l'ús amb les xarxes i/o palangres suposa una reducció potencialment important.

Quant a la pesca d'encerclament, és permesa al PNMTAC però està prohibida a les reserves marines de les Illes Balears. Tot i això, només queda una barca que conserva la llicència al cens i per fer-ne ús ha de complir tantes condicions (avisar l'administració del Parc amb antelació, pescar sobre fons de més de 50 m i només 20 dies a l'any) que és una modalitat de pràctica poc freqüent al parc.

L'opinió dels pescadors respecte de la gestió pesquera. Les entrevistes personals realitzades a peu de moll (Cerdà, 2015) van servir per copsar l'opinió dels pescadors professionals d'arts menors respecte de les mesures de gestió pesquera aplicades al PGP.

En referència al cens, el 62% dels entrevistats estava d'acord amb el cens aleshores vigent, però el 31% considerava que s'havia d'actualitzar per incloure aquelles barques que efectivament es dediquen a la pesca artesanal a l'àrea i excloure'n d'altres que realment no s'hi dediquen. El 7% opinà que el cens s'havia d'eliminar, no per poder augmentar l'esforç si no perquè no servia realment per limitar la pesca ja que la vertadera limitació d'esforç, al seu criteri, era el reduït nombre d'autoritacions setmanals que es lliuren. Cap patró opinà que el cens s'hauria de simplement reduir.

Quan es va demanar l'opinió vers la gestió pesquera, la majoria de respostes van ser positives malgrat es van aportar moltes consideracions. El 70% opinà que la gestió que recull el PGP és correcta però no perfecta. El 26% opinà que tenia mancances importants i només el 4% opinà que era absolutament dolenta. Cap dels entrevistats considerà que era perfecta. Les propostes per millorar-ne la gestió anaren dirigides majoritàriament a dos aspectes concrets: la zonificació i la limitació d'arts i ormejos. Quant a la zonificació, el sector reivindica que les àrees de reserva integral s'haurien d'anar modificant. I quant a arts i ormejos, les aportacions proposen d'augmentar-ne les limitacions d'esforç i les vedes temporals.

Captures de la Confraria de Pescadors de la Colònia de Sant Jordi. Es presenten, a la Taula IV, les dades anuals de primera venda a llotja realitzades per les barques de la CPCSJ, en pes i en valor econòmic. Durant el període 2002-2017 aquesta flota ha declarat una captura mitjana anual de 24.594 Kg de peix i marisc, amb uns ingressos mitjans de 353.891 €/any, tot i que subjectes a fortes fluctuacions entre anys, de més del 30% en les captures i fins el 43% en els ingressos. S'observa que,

amb el pas del temps, els desembarcaments totals de la confraria minven lentament, a una mitjana de 118 Kg/any, mentre que els ingressos totals creixen lentament a un ritme de 4.669 €/any, la qual cosa indica que el preu mitjà dels productes pesquers s'ha incrementat de forma sostinguda, com és d'esperar a una societat on el cost de vida va en augment.

Taula IV. Captures declarades per les barques de la CPCSJ. Captura total desembarcada por any (kg). Ingrés brut o valor de venda de la captura total desembarcada (€). Nombre de barques actives per any. Captura anual per barca (kg). Ingrés brut a l'any per barca (€). Font: DGPMM.

Any	Captura total (kg)	Ingrés brut (€)	Nombre de barques	Captura per barca (kg)	Ingrés brut per barca (€)
2002	41.117	358.350	34	1.209	10.540
2003	37.715	386.873	29	1.301	13.340
2004	25.677	277.054	24	1.070	11.544
2005	26.394	277.686	26	1.015	10.680
2006	30.240	349.829	27	1.120	12.957
2007	30.125	385.739	29	1.039	13.301
2008	29.924	354.998	28	1.069	12.678
2009	34.236	364.992	28	1.223	13.035
2010	35.163	369.037	31	1.134	11.904
2011	31.299	336.232	29	1.079	11.594
2012	31.422	326.289	28	1.122	11.653
2013	35.201	406.702	26	1.354	15.642
2014	33.582	386.787	23	1.460	16.817
2015	28.053	359.042	23	1.220	15.611
2016	26.905	358.938	24	1.121	14.956
2017	33.463	440.280	24	1.394	18.345

El nombre de barques de la CPCSJ que han pescat efectivament i han declarat captures és diferent cada any. Per a tot el període, el nombre mitjà de barques que han fet almanco una venda a l'any és de 27, però s'observa que aquest nombre es redueix paulatinament any rere any a un ritme de 0,38 barques/any. La captura mitjana declarada per embarcació ha estat de 1.183 Kg/any, amb fluctuacions interanuals de fins a 445 Kg. El valor mitjà de les vendes ha estat de 13.412 €/barca/any. Durant el període estudiat s'ha incrementat la captura mitjana per embarcació a un ritme de 11,9 Kg/any, mentre que els ingressos mitjans per embarcació ho han fet a un ritme de 359 €/any (Fig. 2).

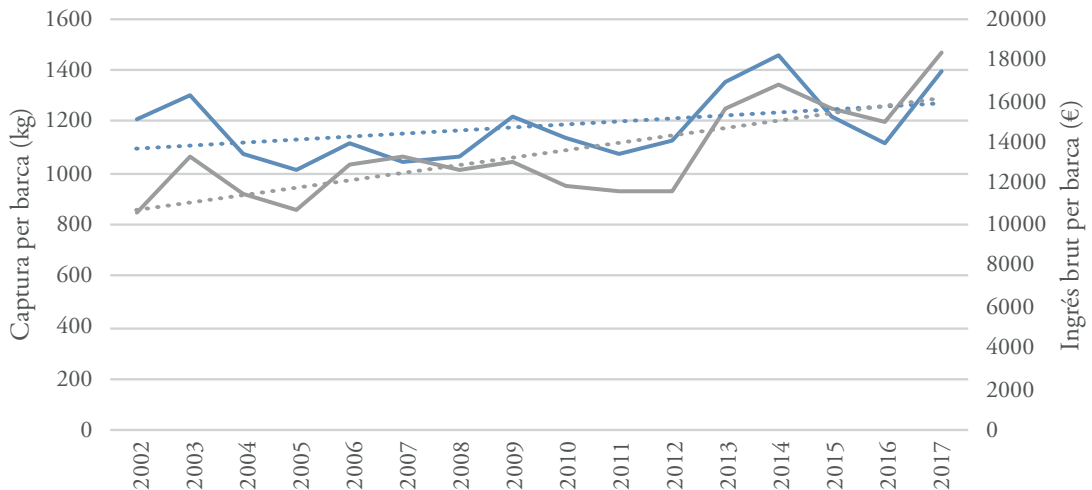


Figura 2. Evolució de la captura i dels ingressos anuals per barca de Confraria Colònia de Sant Jordi per al període 2002-2017. Font: DGPMM.

Durant el període considerat, el conjunt de les embarcacions de la confraria van feinejar una mitjana de 2.017 dies/any, observant-se una lenta reducció progressiva, a un ritme de 22 dies/any (Taula V). No obstant, el nombre mitjà de dies de venda per embarcació es manté, amb petites oscil·lacions, sobre els 75,5 dies/any. S'ha de destacar que aquest paràmetre registra una enorme variabilitat, des d'un sol dia de pesca/any fins a 194 dies/any, la qual cosa comporta que les dades mitjanes d'activitat anual no són representatives. En realitat, una sèrie de barques tenen molta activitat i la resta, poca o molt poca. Com ja s'ha exposat, tant la captura global com el nombre de barques actives minva amb els anys, però la captura i els ingressos mitjans per barca són cada vegada majors. Segons els valors presentats a la Taula V i Fig. 3 quant a desembarcaments diaris per barca, la tendència de tot el període 2002-2017 és un increment la captura diària de 1,92 kg així com un augment de l'ingrés brut diari de 70,4 €.

Taula V. Dies de pesca de les barques de la Confraria de la Colònia de Sant Jordi. Total confraria: nombre de notes de venda per any. Dies màxim: Dies de pesca de la barca amb major activitat. Dies mínim: Dies de pesca de la barca amb menys activitat. Mitjana: Mitjana de dies de pesca a l'any per barca. Captura (kg): Desembarcaments diaris mitjans per barca. Ingress brut (€): valor mitjà dels desembarcaments diaris per barca.

Any	Dia de pesca					
	Total Col. Sant Jordi (dies)	Màxim (dies)	Mínim (dies)	Activitat mitjana (dies)	Captura (kg)	Ingress brut (€)
2002	2.549	184	1	77,2	16,1	140,6
2003	2.282	170	4	78,7	16,5	169,5
2004	1.632	132	2	65,3	15,7	169,8
2005	1.793	132	2	68,9	14,7	154,9
2006	2.063	159	16	76,4	14,7	169,6
2007	2.160	127	1	74,5	13,9	178,6
2008	1.950	143	2	69,6	15,3	182,1
2009	2.286	163	4	81,6	15,0	159,7
2010	2.131	194	4	68,7	16,5	173,2
2011	2.195	188	4	75,7	14,3	153,2
2012	1.973	190	10	73,1	15,9	165,4
2013	2.012	186	5	77,4	17,5	202,1
2014	2.050	178	21	89,1	16,4	188,7
2015	1.765	188	1	76,7	15,9	203,4
2016	1.722	180	1	71,7	15,6	208,4
2017	1.723	149	3	71,8	19,4	255,5

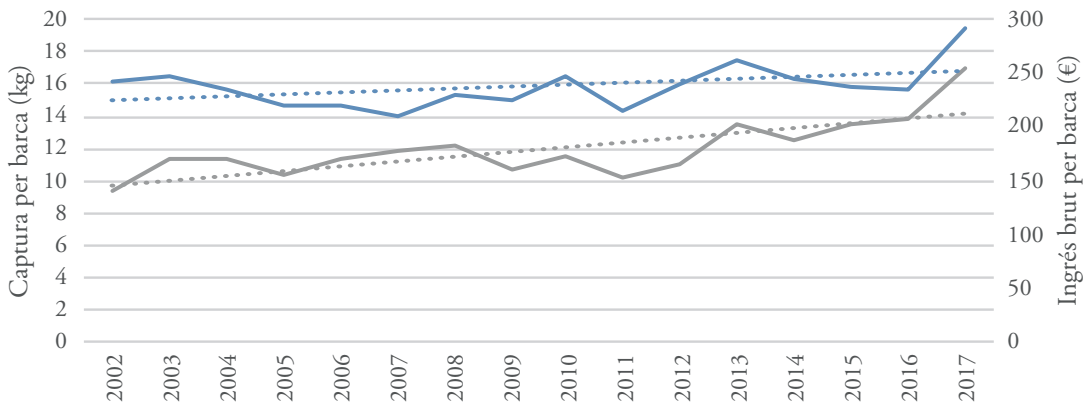


Figura 3. Evolució del rendiment diari per barca per al període 2002-2017 a la CPCJSJ. Gris, ingress brut del desembarcament diari en euros. Negre, captura diària per barca en biomassa (kg). Font DGMRM.

La *professionalitat* (Ordre del conseller d'Agricultura i Pesca de 21 de juny de 2000) és un concepte que no existeix fora de les Balears i és un requisit necessari per poder practicar algunes modalitats, per incloure una embarcació al cens de la RMMM (fins 2015) així com també ho va ser per crear el primer cens de Cabrera. Segons normativa, s'acredita amb un mínim de 90 dies de venda a l'any i si es justifica un volum de vendes superior al salari mínim interprofessional vigent a cada moment per tripulant i categoria. A la Fig. 4 es presenta la distribució de l'activitat mitjana anual per barca per al període 2002-2017. El 18,7% de les embarcacions tenen menys de 30 dies de venda a l'any, un 16,3% entre 30 i 60 dies, un 22,5% entre 60 i 90 dies mentre que el 42,5% ho fan més de 90 dies com és preceptiu per obtenir la professionalitat.

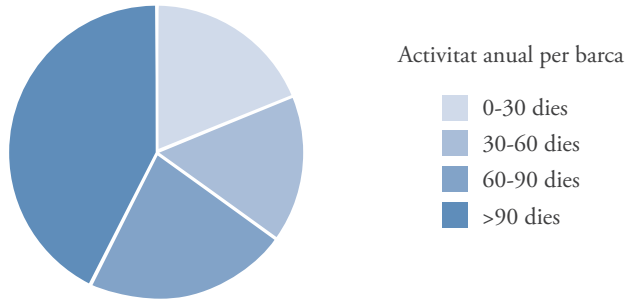


Figura 4. Activitat anual per barca a la CPCSJ, percentatge de la flota. Mitjana del període 2002-2017. Font DGPMM.

És interessant observar que, tot i aquests valors mitjans 2002-2017, la tendència del sector és a evolucionar cap a les cues, és a dir, cada vegada hi ha més barques a plena dedicació, veritables professionals que fan feina més de 90 dies/any, i també més barques amb activitat ocasional (menys de 30 dies/any). Així, es rarifiquen les barques amb activitat mitjana anual d'entre 30 i 90 dies/any (Fig. 5).

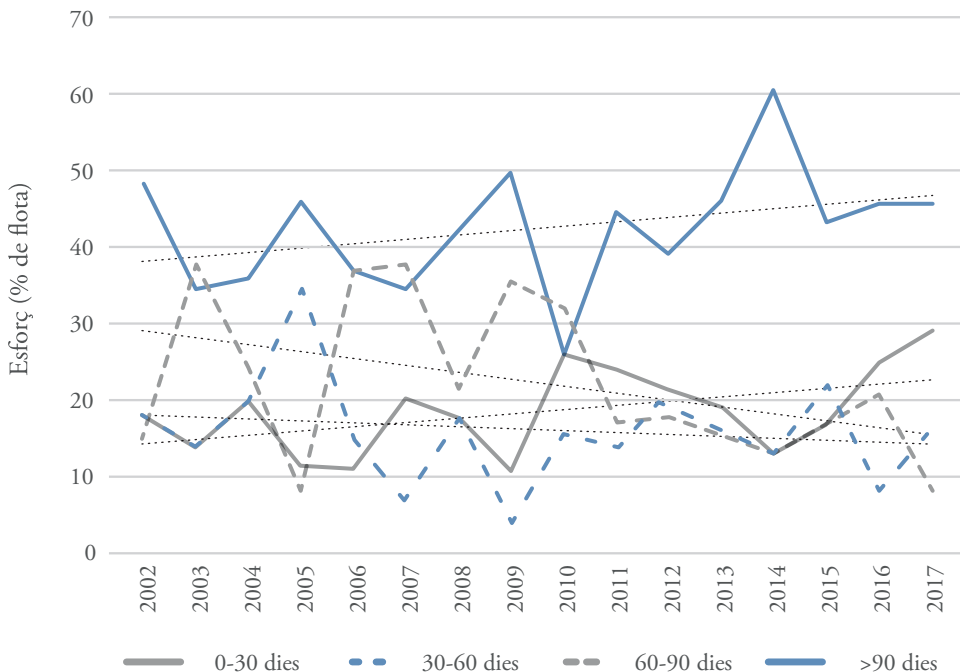


Figura 5. Evolució de l'esforç realitzat a la CPCSJ en dies d'activitat anual per barca. Percentatge de flota categoritzat segons els dies de dedicació a la pesca per al període 2002-2017. Negre, més de 90 dies/any. Puntejat gris, entre 60 i 90 dies. Puntejat negre, entre 30 i 60 dies. Gris, menys de 30 dies/any. Font DGPMM.

Si es compara en el context de Mallorca (Taula VI), les captures declarades per la CPCSJ són les menors de les 10 confraries de Mallorca, tot i l'increment experimentat en els darrers anys. Com es pot veure, els valors de captura mitjana per jornada i embarcació són fins a un 300% majors a altres confraries (Fig. 6).

Taula VI. Captura mitjana (Kg) per jornada de pesca i embarcació d'arts menors a les confraries de Mallorca. Font DGPMM notes de venda.

kg	Alcúdia	Andratx	C.Sant Jordi	Cala Rajada	Palma	Pollença	Porto Colom	Porto Cristo	Santanyí	Sóller
2002	20,9	40,4	16,1	31,8	39,4	24,4	41,4	27,3	44,4	55,2
2003	20,8	57,2	16,5	41,7	35,7	24,7	51,2	27,1	68,8	61,2
2004	23,2	49,4	15,7	34,2	40,6	24,2	55,1	37,3	60,5	42,0
2005	22,5	34,0	14,7	31,0	41,6	20,1	38,2	19,9	48,6	39,6
2006	23,9	32,6	14,7	37,6	41,2	23,9	32,3	17,8	41,6	34,5
2007	26,5	28,6	13,9	32,8	41,8	27,4	26,8	14,0	30,3	33,6
2008	29,3	33,0	15,3	47,2	43,4	25,8	30,6	14,7	49,6	30,3
2009	27,6	36,6	15,0	42,3	43,0	22,8	44,8	14,2	58,4	26,3
2010	29,9	42,8	16,5	44,9	46,2	25,4	30,7	16,3	35,5	36,0
2011	30,3	44,8	14,3	40,2	47,0	25,0	33,7	22,8	50,4	39,4
2012	32,0	38,5	15,9	41,7	33,8	18,7	25,1	17,9	32,1	36,3
2013	31,2	41,7	17,5	58,5	40,1	24,0	32,6	23,6	40,4	48,3
2014	26,9	52,9	16,4	46,4	37,4	22,8	27,6	20,6	31,9	41,6
2015	27,9	50,4	15,9	56,1	31,4	18,8	30,0	25,2	43,4	31,2
2016	24,2	46,2	15,6	45,8	36,8	23,1	30,4	17,3	40,2	26,4
2017	30,1	61,6	19,4	42,2	40,0	21,4	36,5	23,1	39,3	26,4

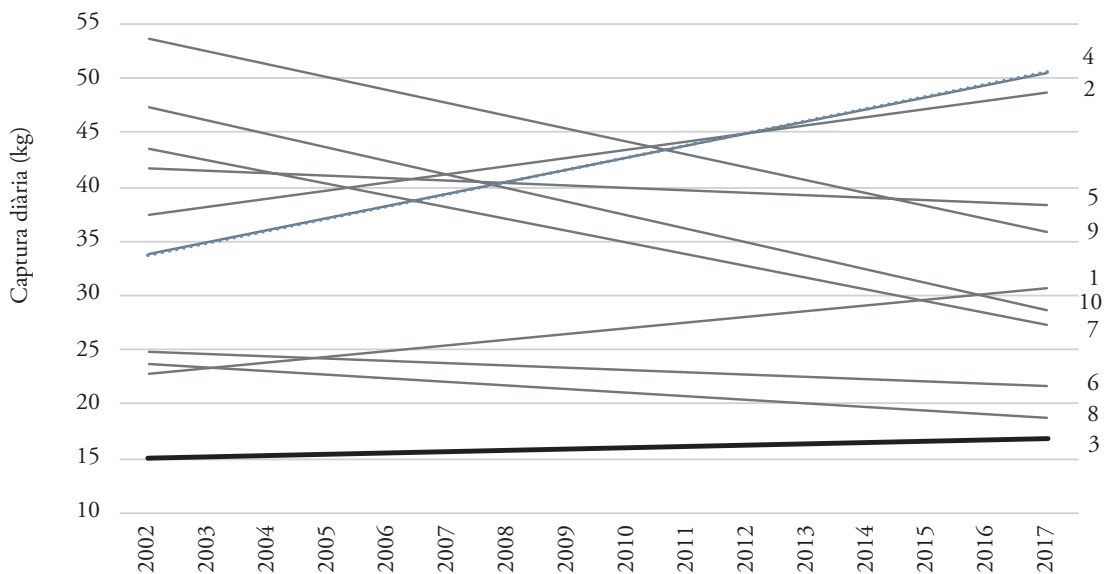


Figura 6. Línies de tendència de la captura diària per embarcació calculades a partir de les dades de la Taula VI. Confraries: 1-Alcúdia, 2-Andratx, 3-C.Sant Jordi, 4-Cala Rajada, 5-Palma, 6-Pollença, 7-Portocolom, 8-Porto Cristo, 9-Santanyí, 10-Sóller.

En el mateix sentit, els ingressos mitjans diaris per embarcació a la CPCSJ són fins un 200% menors que a altres confraries (Taula VII i Fig. 9), tot i el seu increment amb el temps. Per contra, el l'ingrés brut per quilogram de la captura descarregada a la Colònia de Sant Jordi és el més alt de Mallorca (Taula VIII) fins un 65% més (Fig. 8).

Taula VII. Mitjana de l'ingrés brut (en €) per jornada de pesca i embarcació d'arts menors a les confraries de Mallorca. Font DGPM notes de venda.

€	Alcúdia	Andratx	C.Sant Jordi	Cala Rajada	Palma	Pollença	Porto Colom	Porto Cristo	Santanyí	Sóller
2002	158	367	141	290	224	214	229	152	245	354
2003	193	372	170	332	225	216	244	198	295	363
2004	261	283	170	352	314	264	269	198	286	425
2005	242	286	155	344	323	257	242	156	318	379
2006	285	269	170	412	305	270	232	143	295	459
2007	264	261	179	392	323	305	261	125	321	437
2008	311	305	182	446	332	319	220	109	310	401
2009	300	321	160	390	312	270	262	110	318	347
2010	298	353	173	312	303	253	190	153	199	327
2011	329	339	153	378	322	256	213	219	299	391
2012	321	317	165	435	266	194	220	195	257	375
2013	327	300	202	458	285	250	209	267	237	387
2014	307	382	189	460	297	257	235	217	267	402
2015	298	367	203	532	272	227	252	246	334	345
2016	286	382	208	404	327	263	218	215	272	312
2017	313	550	256	418	355	266	309	284	340	365

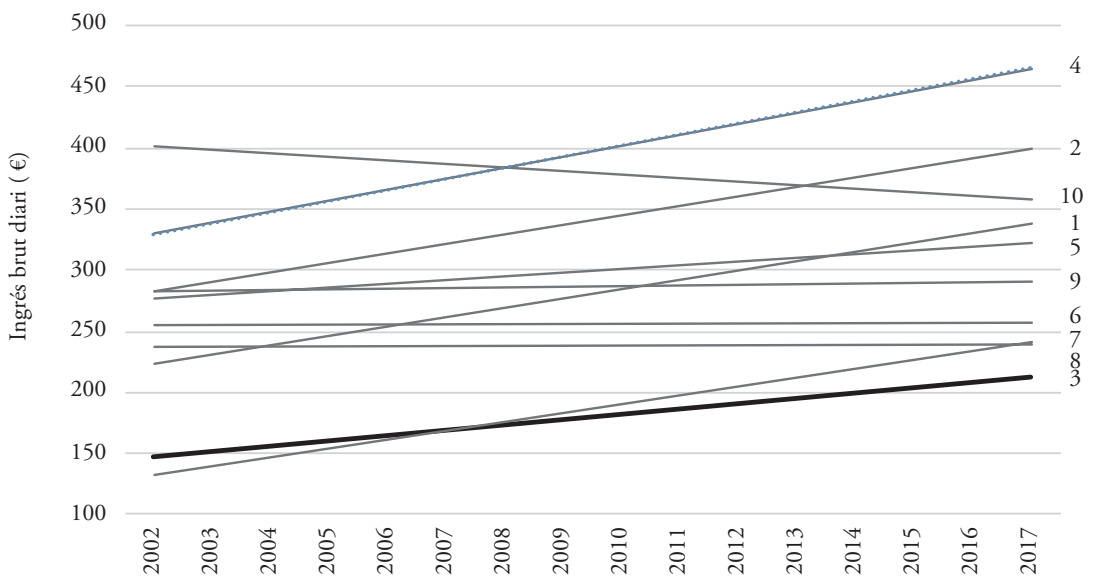
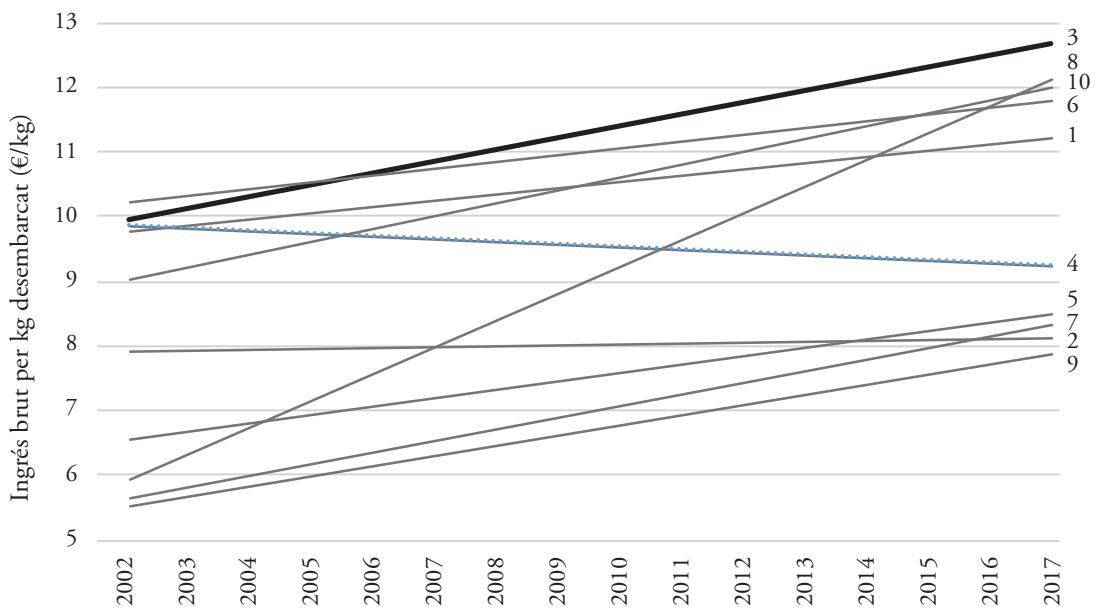


Figura 7. Línies de tendència dels ingressos diaris per barca calculades a partir de les dades de la Taula VII. Confraries: 1-Alcúdia, 2-Andratx, 3-C.Sant Jordi, 4-Cala Rajada, 5-Palma, 6-Pollença, 7-Portocolom, 8-Porto Cristo, 9-Santanyí, 10-Sóller.

Taula VIII. Ingress brut mitjà per quilogram de captura de la flota d'arts menors de les confraries de Mallorca. Font DGPM notes de venda.

€/kg	Alcúdia	Andratx	C.Sant Jordi	Cala Rajada	Palma	Pollença	Porto Colom	Porto Cristo	Santanyí	Sóller
2002	7,6	9,1	8,7	9,1	5,7	8,8	5,5	5,6	5,5	6,4
2003	9,3	6,5	10,3	8,0	6,3	8,7	4,8	7,3	4,3	5,9
2004	11,2	5,7	10,8	10,3	7,7	10,9	4,9	5,3	4,7	10,1
2005	10,7	8,4	10,5	11,1	7,8	12,8	6,3	7,8	6,5	9,6
2006	11,9	8,3	11,6	11,0	7,4	11,3	7,2	8,0	7,1	13,3
2007	10,0	9,1	12,8	12,0	7,7	11,1	9,7	9,0	10,6	13,0
2008	10,6	9,2	11,9	9,5	7,7	12,4	7,2	7,4	6,3	13,2
2009	10,8	8,8	10,7	9,2	7,3	11,8	5,9	7,7	5,4	13,2
2010	10,0	8,2	10,5	6,9	6,6	10,0	6,2	9,3	5,6	9,1
2011	10,9	7,6	10,7	9,4	6,9	10,2	6,3	9,6	5,9	9,9
2012	10,0	8,2	10,4	10,4	7,9	10,4	8,7	10,9	8,0	10,3
2013	10,5	7,2	11,6	7,8	7,1	10,4	6,4	11,3	5,9	8,0
2014	11,4	7,2	11,5	9,9	7,9	11,3	8,5	10,5	8,4	9,7
2015	10,7	7,3	12,8	9,5	8,7	12,1	8,4	9,8	7,7	11,0
2016	11,8	8,3	13,3	8,8	8,9	11,4	7,2	12,4	6,8	11,8
2017	10,4	8,9	13,2	9,9	8,9	12,4	8,5	12,3	8,7	13,8

**Figura 8.** Línies de tendència de l'evolució de l'ingrés brut mitjà de venda per quilogram calculades a partir de dades presentades a la Taula VIII. Confraries: 1-Alcúdia, 2-Andratx, 3-C.Sant Jordi, 4-Cala Rajada, 5-Palma, 6-Pollença, 7-Portocolom, 8-Porto Cristo, 9-Santanyí, 10-Sóller.

LA PESCA DINS DEL PARC NACIONAL

Les llicències setmanals. Per a l'avaluació de la pesca dins del PNMTAC, el primer indicador estudiat és l'evolució de les llicències setmanals per activitat, autogestionades pel sector pesquer, que es presenta a la Taula IX. La taula inclou només les modalitats subjectes a llicència setmanal al PGP (arts d'emmallament, palangró, jonquillera, arts de parada i encerclament) però no altres com la potera o el curricà.

Majoritàriament, les llicències sol·licitades han estat per pescar amb arts d'emmallament o amb palangró, tot i que sota aquesta designació general s'engloben ormejos força diversos. La pesca amb arts d'emmallament suposa, segons els anys, entre un 42 i un 52% de les llicències i el palangró entre el 35 i el 44%. Les arts de parada (entre un 2 i un 9%) i la jonquillera (fins un 8% en anys concrets) són minoritàries i la pesca d'encerclament, segons els anys, ha suposat entre l'1 i el 8%. Al llarg del període estudiat, 2010-2017, s'observa un declivi en el nombre total de llicències setmanals sol·licitades. Segons el propi sector, aquest declivi respon a la falta de coordinació fluida entre les confraries i la FBCP i no a la falta d'interès per pescar dins el Parc Nacional, sobretot dels pescadors de la CPCSJ. Així, sovint quan queden vacants llicències de les altres tres confraries, aquestes no s'ofereixen amb temps suficient per ser sortejades i efectivament cobertes (pescadors *com pers*). Tot i això, a nivell de modalitats s'observa un detriment de la pesca amb arts d'emmallament, de parada i d'encerclament i un increment del palangró (Fig. 9).

Taula IX. Evolució de les llicències setmanals d'activitat per tipus d'art al PNMTAC. Font FBCP.

Any	Parada	Tresmall	Palangró	Encerclament	Jonquillera	Total
2010	24	310	184	52	24	594
2011	23	261	212	44	13	553
2012	46	226	236	15	7	530
2013	29	246	216	15	10	516
2014	32	258	199	35	37	561
2015	11	224	221	12	39	507
2016	23	226	223	13	10	495
2017	19	231	231	14	4	499

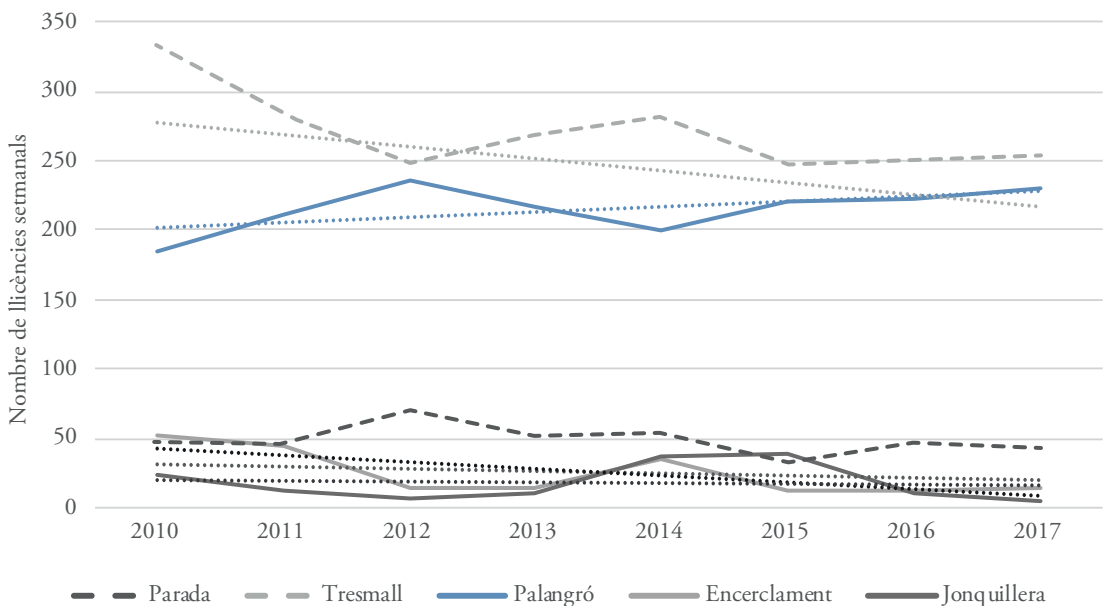


Figura 9. Evolució del nombre de llicències setmanals per modalitats. Font FBCP.

Anàlisi dels quaderns d'activitat. S'han tingut en consideració totes les declaracions que, a finals de 2017, romanien als arxius de l'administració del Parc (5.306) fent-se una anàlisi conjunta, sense discriminar confraries.

La primera informació rellevant de l'anàlisi dels quaderns d'activitat és l'evolució temporal del seu nombre. Fins el 2008, el nombre anual de comunicacions va créixer paulatinament fins situar-se

en 701, per després experimentar un declivi progressiu fins arribar a un mínim de 129 l'any 2017. Tot i tenir en compte que el nombre de llicències setmanals ha experimentat una lleugera minva (Taula IX), el descens de les comunicacions no respon a una disminució de l'activitat pesquera dins del parc sinó, malgrat el que disposa la normativa, a una deficient comunicació entre pescadors i administració, tal com confirma el testimoni dels propis pescadors. De fet, les comunicacions corresponents a un any sencer (2010) van desaparèixer. Tot i això, aquest patró de comportament es pot considerar típic d'aquest tipus de monitoratges: després d'una primera fase d'adaptació a la norma, que implica un esforç tant del gestor com dels usuaris i on de cada cop el grau de compliment és major, amb el pas del temps es passa a una segona, en que poc a poc va caient el grau de compliment perquè no es fa seguiment actiu i no hi ha un *feedback* per part de l'administració.

Tot i això, malgrat que el nombre de quaderns que té l'administració del Parc minva notablement al llarg del període estudiat, la informació dels quaderns és molt interessant i, si els prenem en conjunt, descriuen perfectament la tipologia i fenologia de les arts i ormejos emprats dins el PNMTAC. Així, l'activitat pesquera a Cabrera és major a la primavera i l'estiu que a la tardor i l'hivern, quan les condicions meteorològiques són més adverses i hi ha veda de calar tremalls tota la nit. Aquesta estacionalitat, com és obvi, també està estretament lligada a les espècies objectiu i ja ha estat prou descrita a les Balears i a Cabrera (Reñones *et al.*, 2004, Palmer *et al.*, 2017). Les modalitats dominants són el tremall, emprat majoritàriament entre abril i agost, i el palangró, que presenta un màxim a octubre-novembre i un mínim en abril-juny. La pesca de jonquillo només es practica els mesos d'hivern, de gener a març. En menor mesura, també es pesca amb curricà de fons amb un màxim en juny i calamars amb potera entre agost i gener. A finals d'estiu, quan s'obre la veda del raor, també es pesca amb volantí (Fig. 10).

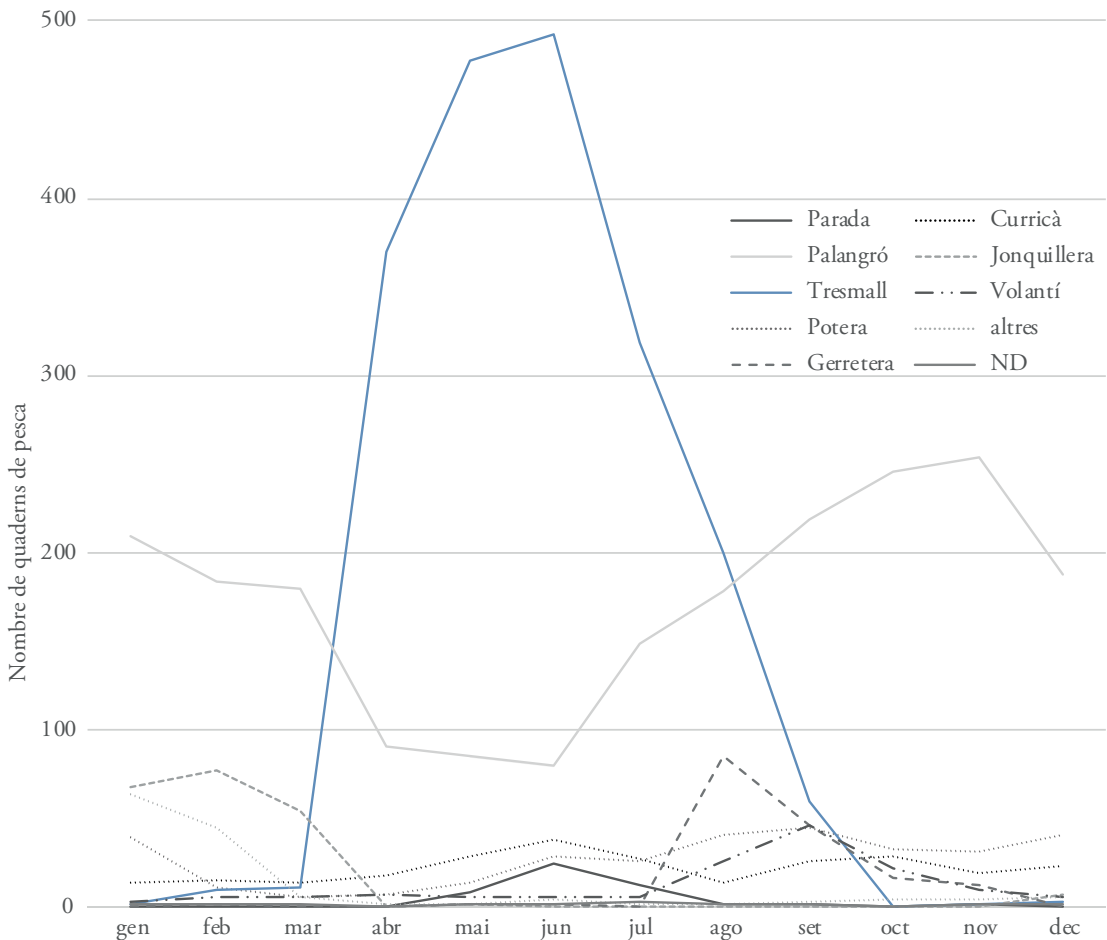


Figura 10. Distribució de l'activitat pesquera per mesos i modalitats. Font: Quaderns d'activitat PNMTAC.

Quant a les espècies, s'han registrat fins a 82 espècies o categories comercials diferents. D'aquestes, 23 suposen més de l'1% en biomassa (Fig. 11) on les més importants són: Déntol (*Dentex dentex*) 14,86%, anfós (*Epinephelus marginatus*) 12,31%, rajades (*Raja spp*) 7,16%, jonquillo i cabotí (*Aphia minuta* i *Pseudaphya ferreri*) 6,02%, pagre (*Pagrus pagrus*) 5,87%, càntera (*Spondyliosoma cantharus*) 5,45%, cirviola (*Seriola dumerili*) 5,53%, cap-roig (*Scorpaena scrofa*) 5,14% i calamar (*Loligo vulgaris*) 4,74%.

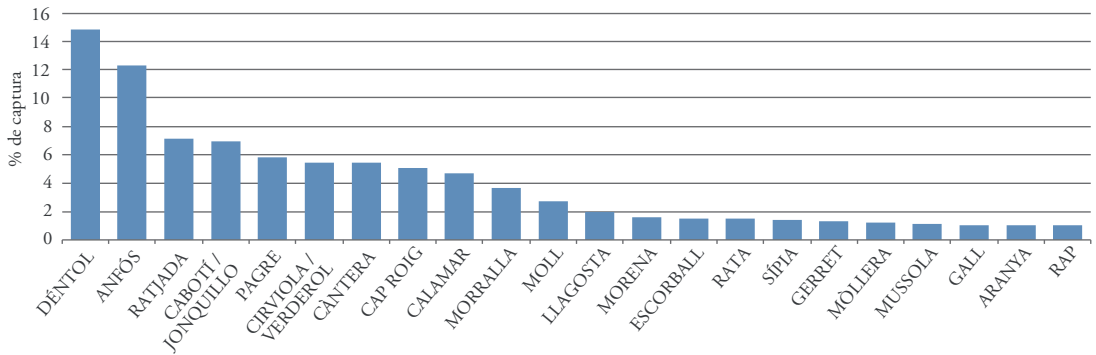


Figura 11. Espècies més importants dins el Parc Nacional (>1% de la captura). Font: Quaderns activitat PNMTAC.

A dia d'avui, amb la informació de que es disposa no és possible determinar les captures reals dins el PNMTAC. No obstant això, hem fet una aproximació per dues vies: les entrevistes personals de 2015 i les comunicacions del 2008 (any amb més quaderns d'activitat registrats). A les entrevistes, els pescadors de la Colònia van manifestar que un 49% de la seva activitat la realitzaven dins del parc (Cerdà, 2015). Així mateix, i pel que fa a les dades dels quaderns de l'any 2008, les 12,7 tones registrades per les embarcacions de la CPCSJ representen el 43% de les captures totals (29,6 tones) venudes pel conjunt d'embarcacions d'aquesta confraria (Taula X), percentatge que s'aproxima al manifestat pels propis pescadors. Així, atenent a que l'activitat pesquera al Parc s'ha mantingut més o manco constant al llarg dels anys i considerant que les declaracions de 2008 serien la millor instantània de l'activitat real dins el Parc, es pot inferir que, per exemple, el 2017 la captura real dins del PNMTAC va ser de l'ordre dels 14.300 Kg i no els 3.028 Kg registrats als quaderns.

Taula X. Evolució de les captures totals i dins del PNMTAC de la CPCSJ. %: indica la proporció de la captura que prové del Parc sobre el total desembarcat a la Colònia. Nombre de quadern: quantitat de comunicacions per any; Captura per quadern: biomassa mitjana declarada per dia i barca.

	Captura Colònia St Jordi (kg)	Captura quaderns PNMTAC (kg)	%	Nombre de quaderns	Captura per quadern (kg)
2004	25.677	6.074	23,7	364	16,7
2005	26.394	6.477	24,5	356	18,2
2006	30.240	9.809	32,4	559	17,5
2007	30.125	10.311	34,2	567	18,2
2008	29.924	12.693	42,4	701	18,1
2009	34.236	11.246	32,8	611	18,4
2010	--	--	--	--	--
2011	31.299	9.297	29,7	483	19,2
2012	31.422	8.687	27,6	425	20,4
2013	35.201	6.265	17,8	254	24,7
2014	33.582	8.015	23,9	346	23,2
2015	28.053	6.604	23,5	319	20,7
2016	26.905	4.195	15,6	185	22,7
2017	33.463	3.028	9,0	129	23,5

Malgrat la feblesa de la informació registrada als quaderns, és d'assenyalar que si dividim el pes total de la captura declarada anualment dins el PNMTAC pel nombre de quaderns lliurats, la dada de captura/barca/dia dins el Parc que s'obté (Fig. 12) presenta un increment sostingut amb el pas del temps: Durant el període estudiat, aquesta captura diària gairebé ha pujat un 40%, passant de 16,7 Kg el 2004 a 23,5 Kg el 2017. També cal recalcar, tot i que no suporta cap conclusió, que les captures per quadern (Taula X) són superiors a les de les notes de venda (Taula V).

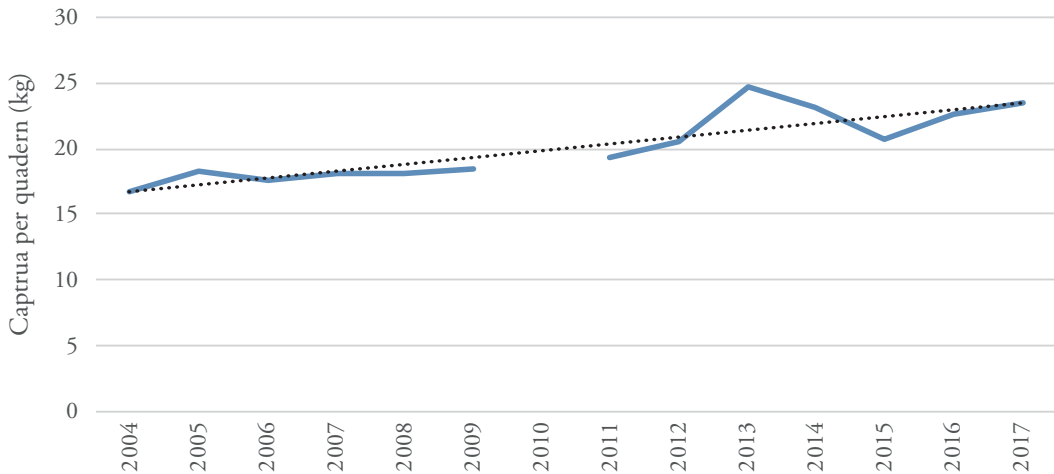


Figura 12. Evolució de la captura registrada dins el Parc per al període 2002-2017. Font Quaderns PNMTAC.

COMPOSICIÓ ESPECÍFICA DE LES CAPTURES DE LA CONFRARIA DE PESCADORS LA COLÒNIA DE SANT JORDI.

Per tal de donar una visió de la importància relativa, en pes i valor econòmic, de les principals espècies, s'han analitzat conjuntament les notes de venda de la CPCSJ i els quaderns d'activitat del PNMTAC. Per poder comparar dues fonts diferents de dades, la informació es presenta en percentatges (Fig. 13) sobre la captura diària mitjana total i dins el PNMTAC i sobre el valor econòmic total respecte de tot el període considerat (2002-2017 per a les notes de venda i 2004-2017 per als quaderns). Tot i algunes discordàncies, hi ha una notable similitud entre les notes de venda i els quaderns quant a les espècies diana de la flota de la CPCSJ.

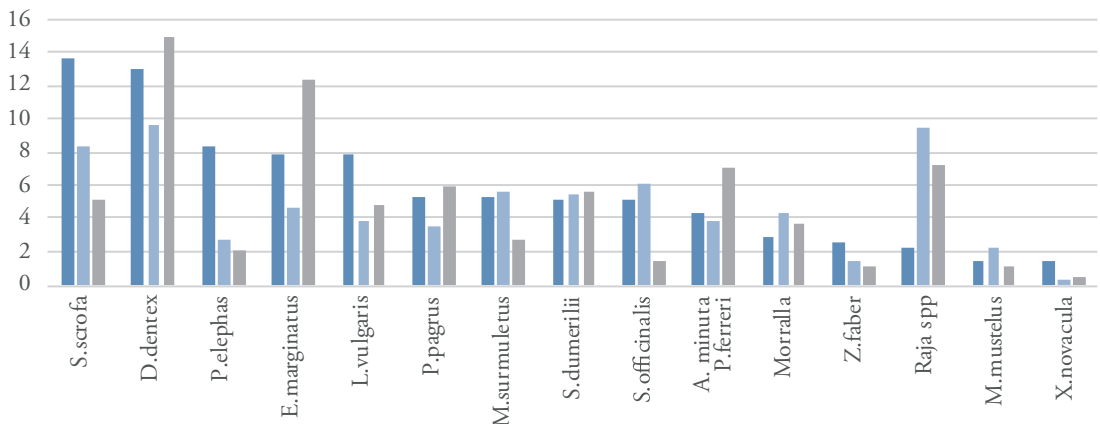


Figura 13. Principals espècies capturades per la Confraria de la Colònia de Sant Jordi. En negre, percentatge del valor econòmic total (notes de venda 2002-2017). En gris obscur, percentatge de la captura total (notes de venda 2002-2017). En gris clar, percentatge de captura dins el Parc (quaderns de pesca 2004-2017). Font: DGPM i PNMTAC.

Així mateix, i per donar una visió més completa de l'evolució de l'interès econòmic de les principals espècies, es mostra la variació (increment o decrement) del preu mitjà per quilogram de 2017 respecte del de 2002 (Fig. 14) i es compara amb l'increment de l'IPC de la comunitat autònoma Illes Balears durant el mateix període (37,9%, www.ine.es).

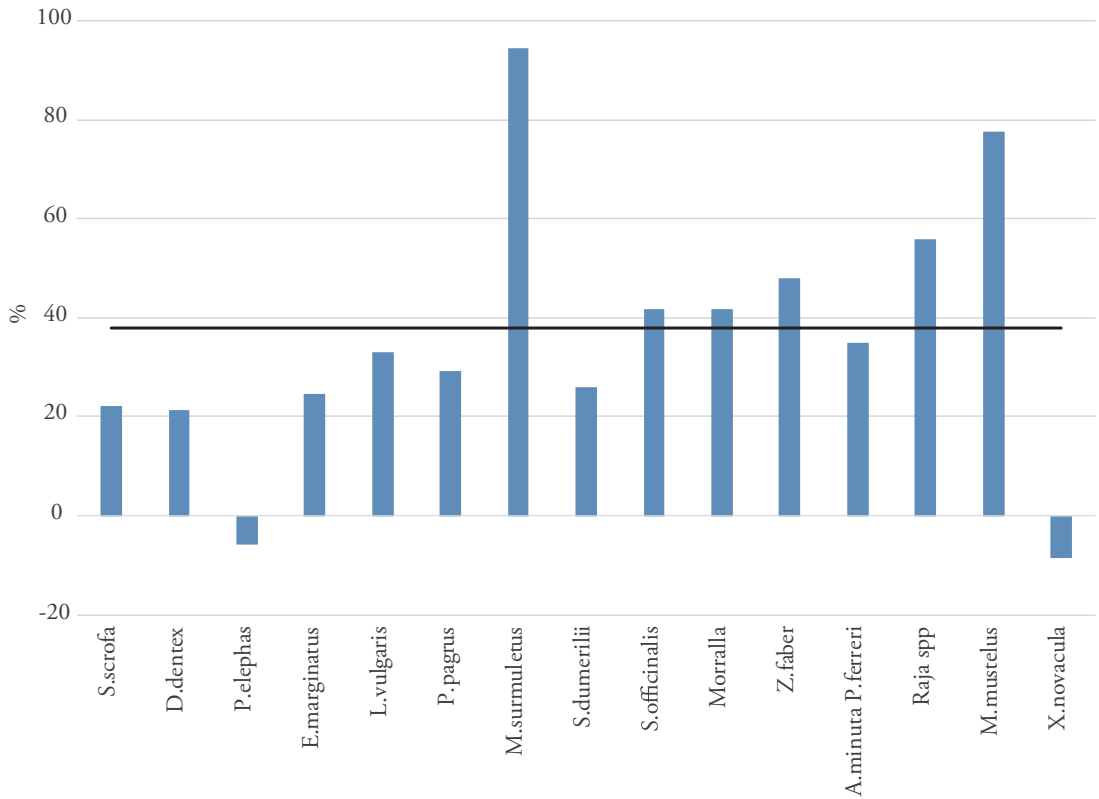


Figura 14. Percentatge de variació del preu de primera venda (€/Kg) de les principals espècies objectiu de la CPCSJ entre els anys 2002-2017. Font: DGPM. En negre, increment de l'IPC base 2016 al mateix període per la comunitat autònoma Illes Balears (37,9%). Font: INE.

S'observa que, per a les principals espècies diana (cap-roig, déntol, llagosta, anfós, calamar, ...) els preus mitjans s'han incrementat menys que l'IPC acumulat, de forma que els pescadors han perdut valor adquisitiu. Tenint en compte tot això, es passa a analitzar cadascuna de les espècies principals.

L'espècie de major importància per a les embarcacions de CPCSJ és el cap-roig (*Scorpaena scrofa*), suposant el 13,6% del valor econòmic i el 8,3% del pes. En el període considerat, les seves captures globals són cada vegada majors però, paradoxalment, van a la baixa dins del PNMTAC. El preu de venda del cap-roig, espècie cobejada als mercats i la restauració, depèn en gran mesura de la talla dels exemplars. El preu mitjà al 2017 va ser de 21,6 €/Kg, amb un increment del 21% respecte del 2002, 16,7% menys que l'increment de l'IPC a Balears. És una espècie típica del tremall.

La segona espècie en importància és el déntol (*Dentex dentex*), amb el 13,0% del valor econòmic i el 9,5% del pes. Així mateix, és l'espècie més important per captures dins el parc (14,9%). En el període considerat, les seves captures globals i dins el PNMTAC són cada vegada majors. Espècie de preu elevat (19,9 €/Kg de mitjana el 2017) l'increment del preu (19%) respecte de 2002 ha estat un 18,9% menor que l'IPC. Es pesca majoritàriament amb palangró i curricà de fons.

La llagosta (*Palinurus elephas*), espècie emblemàtica de la pesca a les Illes Balears, suposa el 8,4% dels ingressos i un 2,75% del pes de les captures totals. Dins el parc només representa l'1,9% de les captures, però s'ha de tenir en compte la limitació, inexistente fora del PNMTAC, establerta al PGP

respecte de l'ús del tremall llagoster. Tot i això, tant dins com fora del parc, cada cop es capturen més llagostes. Tot i ser una espècie amb un preu en primera venda de l'ordre dels 38 €/Kg, aquest no ha variat gaire durant el període 2002-2017, fins el punt que en 2017 ha estat menor que en 2002. Així, el seu valor econòmic s'ha reduït un 37,9% respecte de l'IPC i, en conseqüència, també la rendibilitat de la seva pesca. Avui en dia, la llagosta es captura exclusivament amb tremall.

L'anfós (*Epinephelus marginatus*) suposa el 7,8% en valor i el 4,6% en pes de les captures totals de la CPCSJ. Dins el parc és la segona espècie en importància, amb un poc més del 12% de la biomassa capturada. Poques confraries de Balears tenen unes captures tan rellevants (dades DGPM) d'aquest peix i és probable que tot l'anfós que es pesca a la Colònia de Sant Jordi prové del PNMTAC. Durant el període estudiat, les captures, tant dins el Parc com en general, són cada vegada majors, però no es pot descartar que sigui per una major direccionalitat de la pesca cap a l'espècie, molt valorada. El preu de primera venda del 2017 fou de 22,9 €/kg però durant el període 2002-2017 sols ha pujat un 5,4%, un 32,5% per baix de l'IPC. L'anfós es captura majoritàriament amb palangre o curricà de fons, tot i que també hi ha captures de tremall.

El calamar (*Loligo vulgaris*) de potera suposa el 3,8% en pes i el 7,8% del valor de les captures globals, i el 4,4% de les captures al PNMTAC. Tot i que es pesca més dins que a fora, al parc les captures estan en lleuger declivi, mantenint-se estables al conjunt de la confraria. Molt valorat al mercat i a la restauració, el preu actual n'és de 29,4 €/Kg i ha augmentat més del 33% durant el període estudiat, lleugerament per baix de l'IPC. Per regla general, la pesca del calamar es practica de forma complementària a altres modalitats com el tremall o el palangró, mentre aquests romanen calats en primes o albes.

La sisena espècie en importància econòmica per als pescadors de la CPCSJ és el pagre (*Pagrus pagrus*). Representa el 5,3% en valor i el 3,51% en pes de les captures totals i el 5,8% de les captures al parc. La tendència de captura dins el PNMTAC és a minvar però en el conjunt de la confraria és a augmentar. El preu de venda del 2017 és de 20,8 €/Kg. Malgrat s'ha valoritzat, ho ha fet un 8,8% per baix del cost de vida. Es captura amb palangre.

El moll (*Mullus surmuletus*) en suposa el 5,6% i el 2,7%, respectivament, de les captures totals i dins el parc i un poc més del 5% dels ingressos. Tant al PNMTAC com en general, la pesca del moll perd interès a causa principalment de la interacció amb el dofí mular, que depreda les xarxes i les fa malbé. No obstant, el preu mitjà del moll gairebé s'ha duplicat entre 2002 i 2017, passant de poc més de 7 €/Kg a 13,6 €/Kg i és, amb escreix, l'espècie que més s'ha valoritzat: un 56,6% més que l'IPC. El moll es pesca amb xarxes d'emmallament de 50 mm de malla, fent primes i albes de juliol a desembre (d'agost a novembre al parc).

La cirviola (*Seriola dumerili*) representa al voltant del 5% de les captures, dins i fora del parc, i del valor econòmic. Es comercialitza en dues categories, cirviola gran i verderol (els juvenils), de diferent preu, però que en aquest treball es consideren junts. La tendència de la captura dins el PNMTAC és d'augmentar mentre que al conjunt de la confraria és a minvar. El seu preu mitjà en 2017 va ser de 13,6 €/kg, amb un increment considerable durant el període, tot i que un 12% per baix del cost de vida. La cirviola es pesca amb arts de parada i curricà.

La sípia (*Sepia officinalis*) suposa un 6% de les captures globals i un 5% dels ingressos de la confraria, però un escàs 1,4% de la pesca al PNMTAC. La tendència de captura global és a disminuir. El 2017 el preu ha estat de 11,3 €/Kg i durant el període 2002-2017 ha augmentat un 41,7%, gairebé un 4% més que l'IPC. La sípia es pesca quasi exclusivament amb tremall.

El jonquillo i el cabotí (*A. minuta* i *P. ferreri*) es capturen amb un art de tirada específic i només durant els mesos d'hivern. Segons les temporades, es comercialitzen separades o mesclades (el preu del jonquillo és superior al del cabotí) i en aquest treball s'han agrupat. Hi ha una gran variació interanual de les captures i del preu, derivada de la biologia de les espècies. Espècie emblemàtica als mercats, el 2017 es va vendre a una mitjana de 23,9 €/kg. Tota la captura declarada per la flota de la CPCSJ prové del parc i representa poc més del 4% del total venut.

Les rajades (*Raja spp*), en pes, representen la categoria comercial més important de la confraria i la tercera dins el PNMTAC. No obstant, i tot i que durant el període estudiat s'ha incrementat un 55,7%, el preu per kg és de poc més de 3.5 €/Kg en 2017, cosa que provoca que només representi un escàs 2,2% dels ingressos bruts. El cas de les mussoles (*Mustelus spp*), amb prop d'un 2% de la captura total, és semblant: Tot i que durant el període estudiat el preu ha pujat un 77,5%, aquest és de l'ordre dels 9 €/Kg.

El raor (*Xyrichtys novacula*) és una espècie important perquè tot i que en pes representa poc més del 0,3% del total, suposa un 1,4% del valor de vendes, en tractar-se del peix més car dels mercats balears. El preu per quilogram en 2017 fou de 41,5 €/Kg, tot i que durant el període estudiat ha baixat un 8,8%. Es pesca massivament per la flota recreativa a tot l'entorn del migjorn de Mallorca i el PNMTAC representa un refugi sense competència per a les barques professionals. Es captura amb volantí i gaudeix d'una veda anual d'ençà l'any 2000 per garantir-ne la posta de la major part de la població.

Per acabar, cal recordar que es capturen moltes altres espècies i categories comercials que, malgrat individualment no aporten més del 4% dels guanys, són rellevants. Una d'elles és la *morralla*, una mescla d'espècies procedents del *by-catch* de la pesca amb tremall, el preu de la qual, any rere any, augmenta més que l'IPC. Una altra d'aquestes espècies importants és el gall (*Zeus faber*), una de les més cobejades pel mercat, amb un preu mitjà de 24,7 €/Kg el 2017. Al Migjorn de Mallorca és escàs, entre l'1 i el 2% de les captures totals, amb suau tendència a créixer. Durant el període estudiat, el seu valor econòmic s'ha incrementat un 48%, 10 punts per damunt de l'IPC.

DISCUSSIÓ

La creació del Parc Nacional Marítim-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera va suposar una fita importantíssima en el camí de la preservació dels valors naturals mediterranis, conformant un referent de gestió ambiental. L'acció del Parc no s'ha limitat a conservar un espai de biodiversitat excepcional, si no que també ha tingut un intens efecte de conscienciació. La declaració del PNMTAC en 1991, quan encara no havia àrees marines protegides a l'entorn de les Balears, va calar profundament en la societat i també marcà un abans i un després en matèria de gestió pesquera. Bona prova d'aquesta asseveració és la creació de la Xarxa de Reserves Marines d'interès pesquer de les Illes Balears, que fou creada i creix en gran mesura a petició del sector pesquer. Avui dia, poques són les confraries que no han sol·licitat la creació d'una reserva dins les seves aigües.

L'efecte de la protecció sobre els recursos marins, l'anomenat *efecte reserva*, és prou conegut tant arreu (Roberts, 1995) com a les Balears (Coll *et al.*, 2012) i, pel que fa als peixos, ja compta amb un capítol en aquest llibre (Coll *et al.*, 2020). És un fet demostrat que les àrees marines protegides integrals, on no es permet cap activitat extractiva, són molt efectives per a la recuperació dels recursos naturals i regeneren la fauna ràpidament (Guidetti, 2006, Sala i Giakoumi, 2017). No obstant això, a les àrees parcialment protegides, on es permet, entre altres usos, la pesca amb diferents graus de restricció, no sempre la recuperació és tan clara (Sala *et al.*, 2012). A Cabrera, pocs anys després de la prohibició de la pesca recreativa, ja es van manifestar els resultats de la protecció, mostrant una clara recuperació de la població d'anfós (Coll *et al.*, 1999; Reñones *et al.*, 1999). Al marge de la protecció, tots els sistemes naturals tenen una capacitat de càrrega intrínseca i no totes les àrees marines protegides tenen la mateixa capacitat de resposta ni són òptimes com a motors de recuperació dels recursos dels voltants (Coll *et al.*, 2013). Pel que fa al PNMTAC, tot i que pots ser les àrees de reserva integral són sub-òptimes (Álvarez-Berástegui *et al.*, 2018), hi ha estudis (Goñi *et al.*, 2008) que indiquen que aquests espais exporten biomassa més enllà dels seus límits, cosa que afavoreix el rendiment pesquer.

En aquest treball s'analitza l'efecte reserva des d'un enfocament diferent, com és la repercussió socioeconòmica que ha tingut el PNMTAC sobre la pesca artesanal. Els objectius de la vigent Llei 30/2014 de Parcs Nacionals són, a més de conservar la integritat dels seus valors naturals i els seus paisatges, "el foment del desenvolupament sostenible de les poblacions implicades, en

coherència amb el manteniment dels valors culturals, del patrimoni immaterial i de les activitats i usos tradicionals consubstancials a l'espai". En el mateix sentit, i tot i ser anterior, la normativa del PNMTAC permet la pesca artesanal però no la pesca industrial ni la recreativa. L'activitat pesquera permesa està regulada, des de 2001, pel Pla de Gestió Pesquera (PGP) del que ja s'ha parlat detalladament abans, que abasta un ventall de restriccions que, en el seu moment, dugueren a Cabrera a situar-se al capdavant de les àrees marines protegides del Mediterrani, assolint nivells de protecció aleshores insòlits en aquest mar (Papaconstantinou i Farruggio, 2000).

Després de tots aquests anys de regulació, la pregunta clau és si les mesures aplicades són suficients per "conservar la integritat dels seus valors naturals" de forma compatible amb el "desenvolupament sostenible de les poblacions implicades", com diu la Llei 30/2014. Per començar, per demostrar l'acompliment, o no, d'un objectiu tan ambiciós (i abstracte) com aquest, s'hauria de comptar amb molta més informació biològica, pesquera i socioeconòmica de la que està disponible, tot i que, a dia d'avui, es té més informació pesquera del PNMTAC que de cap altre àrea marina protegida de les Illes Balears. Per altra banda, moltes de les dades que aquí es presenten poden ser conseqüència de l'acció de factors múltiples o contradictoris, de forma que és fàcil caure en interpretacions errònies o precipitades. Per exemple, l'increment de les captures declarades de déntol fa pensar que n'ha augmentat la població però també podria ser que s'ha incrementat l'esforç de pesca amb curricà de fons; en sentit contrari, la minva de les captures de moll podria indicar-ne una regressió poblacional però també que la flota d'arts menors ha deixat de calar xarxes molles degut a la forta interacció amb el dofí mular (Brotons *et al.*, 2008).

Tot i això, hi ha certes dades que mereixen un comentari. Per exemple, sorprèn molt que, any rere any, la captura mitjana per embarcació declarada per la flota de la CPCSJ siguin la menor de les 10 confraries de Mallorca, amb diferències que poden ser de més del 300% en pes respecte a altres confraries (veure Taula VI i Fig. 8). Aquest fet podria ser un indicador d'una manca crònica de recursos a la zona (cosa que es contradiu amb el gran nombre de barques amb que compta la confraria comparant-la amb altres ports de Mallorca) o, fet mai no reflectit a la bibliografia, una conseqüència indesitjable de les restriccions a l'esforç pesquer que ha de respectar la flota de la Colònia per pescar dins el PNMTAC i la RMMM (Goñi *et al.*, 2008; Di Lorenzo *et al.*, 2016). S'ha de considerar que a les pesques experimentals del projecte ERCA (Reñones *et al.*, 2006) s'obtingueren uns rendiments de 7 kg per 100 hams de palangre i de 10 kg per 500 metres de tremall. Si prenem aquests valors com a referència a l'entorn de la CPCSJ, i sabent que el 2006 es declararen 14,7 kg diaris/embarcació, podem inferir que, de mitjana, les barques d'aquesta confraria van calar diàriament 210 hams o 735 metres de xarxa. Tenint en compte que l'esforç màxim permès tant dins el PNMTAC com dins la RMMM és molt superior (veure Taula III), és evident que, o bé els pescadors només aprofiten una part de l'esforç diari que poden emprar o que existeix un biaix a la declaració de captura. Aquest, més que probable, biaix de les dades, dificulta i condiona la valoració de l'impacte de la pesca a Cabrera i els efectes de la protecció sobre aquesta activitat.

Durant el període estudiat, la quantitat desembarcada i els ingressos per embarcació, tant anuals (Fig. 2) com diaris (Fig. 3) s'han incrementat de forma progressiva i sostinguda i, el que és encara més significatiu, l'ingrés brut mitjà per quilogram (€/Kg) de les captures d'aquesta confraria (Fig. 8) és el més alt de totes les confraries de Mallorca, fet relacionat amb la qualitat (espècies i talla) de les captures. En aquest aspecte, la creació i existència del PNMTAC ha estat beneficiosa per a la confraria de la Colònia de Sant Jordi.

Un altre fet a comentar és el de l'evolució del preu del peix i de la rendibilitat de cada espècie (Fig. 14). Normalment, la pesca professional s'enfoca cap a les espècies de major valor comercial, tot i que seguint un cicle anual marcat per la biologia d'aquestes (Maynou *et al.*, 2013; Palmer *et al.*, 2017; Quetglas *et al.*, 2017). Malgrat que la qualitat de les captures es reflecteix en el preu de venda, també s'ha de tenir en compte que les tendències de consum i els hàbits de compra són un condicionant essencial del preu dels productes pesquers (Morales-Nin *et al.*, 2013). La comercialització a escala local, la pèrdua de la cultura de consum de peix *d'espina* o la inaccessibilitat dels productes de la pesca artesanal a les grans superfícies d'alimentació, propicien un progressiu declivi dels canals de venda de les captures de la flota d'arts menors que, en molts casos, queda relegada a mercats centrals

tradicionals i a restaurants especialitzats. És dins d'aquest context en el que s'ha d'entendre perquè no han evolucionat igual els preus de totes les espècies. Algunes espècies tradicionalment molt valorades al mercat com la llagosta o el raor, no han incrementat el preu de venda durant el període d'estudi. D'altres, com el déntol, la cirviola, l'anfós i el calamar, han incrementat el preu de venda però per baix del cost de vida, mentre que algunes espècies de valor comercial mitjà o baix, com són el moll, la rajada o la mussola, cada cop es venen a un preu major.

Degut a la pròpia idiosincràsia de la feina a la mar, tant pels condicionants meteorològics estacionals com per raons personals variades, sempre ha hagut pescadors d'arts menors de les Balears que han compatibilitzat l'activitat pesquera amb una segona activitat professional (Ginard i Ramis, 2009) (que de vegades és la primera) i a la CPCSJ tradicionalment aquest fenomen era majoritari. Un dels efectes més evidents del PNMTAC sobre la flota, conseqüència de l'establiment de l'obligació d'acreditar la professionalitat per obtenir la llicència de pesca - al PNMTAC i, fins 2015, a la RMMM-, és l'increment del nombre de barques plenament professionals, atès que alguns propietaris d'embarcacions d'arts menors que alhora eren patrons "ocasionals o de mitjana dedicació" han contractat un patró amb plena dedicació perquè la barca pugui acreditar la professionalitat i entrar en el torn de llicències setmanals del Parc.

Així, hom podria suposar que l'exigència de la professionalitat enlloc de fer minvar l'esforç hauria produït l'efecte contrari, però, a la llum de les dades, no és així: la mitjana anual de dies de venda que declaren les barques de la CPCSJ és manté estable sobre els 75 dies/barca durant el període analitzat. El que sí ha passat és que el nombre de pescadors que compatibilitzen activitats és de cada vegada menor i l'activitat s'ha segregat cap a dos extrems (Fig. 5): Sols queden actives barques que surten a pescar molt ocasionalment (gairebé com a recreatius) o bé d'altres que són professionals a temps complet. Al final, el que ha propiciat l'exigència d'acreditar la professionalitat és la creació de llocs de feina estable dins d'un context de declivi progressiu i generalitzat de l'activitat pesquera artesanal a totes les Balears. Aquest no és l'únic cas documentat en que la creació d'una AMP ha provocat canvis socials entre els pescadors artesanals: recentment (2019), Mallol i Goñi han posat de manifest que la declaració, en 2007, de la Reserva Marina del Llevant de Mallorca va provocar canvis substancials en el model d'explotació dels pescadors de Cala Rajada.

Mentre s'escriuen aquestes línies, el PNMTAC ha crescut en extensió (Acord del Consell de Ministres de 7 de febrer de 2019), la motivació de la qual era una de les raons que impulsaren l'edició d'aquesta Monografia. Una vegada superat el repte de l'ampliació, caldria començar a pensar en la redacció d'un nou PGP, perquè el principal ús extractiu del Parc és la pesca artesanal i, fins i tot, alguns articles d'aquest mateix volum demanen canvis en la gestió d'alguns ormejos. Seria desitjable que els canvis comptessin amb el suport dels pescadors però, des del 2001, s'han publicat nombrosos estudis sobre àrees marines protegides de Balears i sobre el PNMTAC, que han permès identificar mancances a l'actual marc de gestió al Parc, i cal aprofitar el coneixement generat. D'aquestes mancances, en destacariem tres: la inadequada distribució i insuficiència de les zones *no-take*, la regulació de les arts d'emmallament i l'escàs o nul "efecte reserva" en els depredadors apicals, els condriectis en particular.

Com s'ha esmentat, alguns autors han proposat la re-definició de les àrees lliures de pesca en funció de criteris tècnics que en maximitzin el potencial per a espècies concretes, per exemple per a l'anfós (Reñones *et al.*, 2012). D'altres, amb caràcter general, remarquen l'eficàcia de les àrees integrals per preservar i restaurar la biodiversitat i per millorar la resiliència dels ecosistemes (Guidetti i Sala, 2007; Guidetti *et al.*, 2010; Giakoumi *et al.*, 2017) i la insuficiència d'aquestes a escala global (Sala i Giakoumi, 2017). En qualsevol cas, amb l'ampliació del PNMTAC, molts d'hàbitats que no n'estaven representats ara hi són i aquesta és una bona oportunitat per protegir-ne integralment una part i incrementar així l'ímfim percentatge que les zones *no-take* suposen de les aigües de les Illes Balears.

Així mateix, en els últims anys s'ha revisat la comunament acceptada relativa baixa incidència de la pesca artesanal (Quetglas *et al.*, 2016) i s'han posat de manifest els efectes que sobre hàbitats bentònics fràgils tenen certs ormejos artesanals (Barberà *et al.*, 2017; Cabanellas-Reboredo *et al.*,

2017; Lloret *et al.*, 2016), en particular els tremalls (Ballesteros *et al.*, 2020a i 2020b; Coll *et al.*, 2020). També sabem ara que la selectivitat d'aquestes arts no està exempta de problemes, perquè sovint van dirigits específicament cap a les espècies més preuades (Lloret *et al.*, 2016) i tenen efectes catastròfics en les espècies de gran talla de biologia reproductiva conservadora, en particular els selacis (Myers i Worm, 2005; Grau *et al.*, 2015). En aquest sentit, ja existeix una certa tendència a la baixa de l'ús de tremalls dins el PNMTAC (Fig.1) i els propis pescadors mostren una bona predisposició a mesures de restricció d'aquest ormeig (Cerdà, 2015).

Per altra banda, a les Balears els últims 25 anys s'han creat un bon nombre d'àrees marines protegides, que abasten desenes de milers d'hectàrees. En moltes d'elles, les poblacions de peixos vulnerables a la pesca han experimentat recuperacions espectaculars, amb increments de biomasses de fins un 800% (Coll *et al.*, 2018) però afectant quasi de forma exclusiva a teleostis, en particular espècies sedentàries en nivells mitjans i alts de les cadenes tròfiques (serrànids, espàrids i esciènids, principalment). Tot i que no hi ha estudis específics, la sensació és que (exceptuant el cas de *Dasyatis pastinaca* i, tal volta, alguna espècie més) les limitacions a la pesca que suposen les AMPs actuals són un recurs insuficient per recuperar les espècies de selacis.

Per acabar, i per proposar actuacions de caràcter més immediat, es fa patent la necessitat d'adequació del cens de Cabrera a l'activitat real de les barques i als nous límits del Parc i apostar per les noves tecnologies per abordar la tasca de seguiment i monitoratge. En aquest sentit, i com a conclusió d'aquest treball es podria destacar la necessitat d'implantació de dues eines de gestió claus: la primera, la posada en marxa de les denominades "caixes verdes", cosa que ja està prevista (Decret 10/2019, de 15 de febrer, *pel qual es regula el Sistema de Localització i Seguiment d'Embarcacions Pesqueres de les Illes Balears*) que donarà informació sobre la posició i velocitat de cada barca i permetrà conèixer l'esforç real que es dona dins el Parc. I la segona, la integració del sistema de pesatge pesquer que té el Govern a tots els ports de les Balears amb els sistemes de monitoratge del PNMTAC, que permetria al propi pescador "etiquetar" si la captura prové del Parc o una altra àrea marina protegida i indicar l'art o ormeig amb que s'ha capturat. Amb aquesta millora es podria dir adeu a l'actual sistema de comunicacions de captura en paper, poc eficient per conèixer el que es pesca realment a dins el Parc.

En definitiva, i malgrat tot, el PNMT de Cabrera és, des de la seva declaració, referent de protecció a les Illes Balears i hi ha punts de llum en la gestió pesquera del Parc que poden guiar nous sistemes de governança dels espais protegits. Cal recalcar que d'ençà l'aprovació del PGP el 2001, cada setmana la Federació Balear de Confraries de Pescadors de Balears ha remès, de forma sistemàtica i ininterrompuda, a l'administració del Parc el llistat per modalitats d'acord a la normativa. Aquest fet, tot i que puguin existir algunes controvèrsies dins el propi sector, constitueix un model de cogestió exemplar que s'ha de posar en valor i creiem cal tenir present en vistes a la coordinació d'esforços perquè el Parc, amb els nous límits, es gestioni de la manera més eficaç, per tal d'evitar la manca de rigor tant a l'hora de prendre les dades com de recollir-les i tractar-les.

A l'horitzó es postulen necessitats d'implantació de nous sistemes de seguiment basats en les noves tecnologies, de declaració de noves àrees de reserva integral i per damunt de tot, posar la vista a minimitzar els impactes negatius de la pesca, així com treballar conjuntament administració i sector pesquer per gestionar amb criteris de conservació tant de l'activitat com dels recursos naturals.

AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat possible gràcies a l'execució de l'estudi "Recopilación y análisis de datos pesqueros para la mejora de la gestión de la pesca artesanal en el entorno del área LIC ZEPa ES0000083 Archipiélago de Cabrera" executat amb el suport de la Fundación Biodiversidad cofinançat amb fons FEMP de la Comissió Europea. Els autors volem agrair la bona disposició i col·laboració del sector pesquer, tant la Federació Balear de Confraries de Pescadors com la dels pescadors de les confraries de sa Colònia de Sant Jordi, Santanyí, Portocolom i Palma. Així mateix, agrair també la bona disposició i participació activa de l'administració del Parc Nacional, i a totes les persones que amablement han revisat i enriquit aquest text.

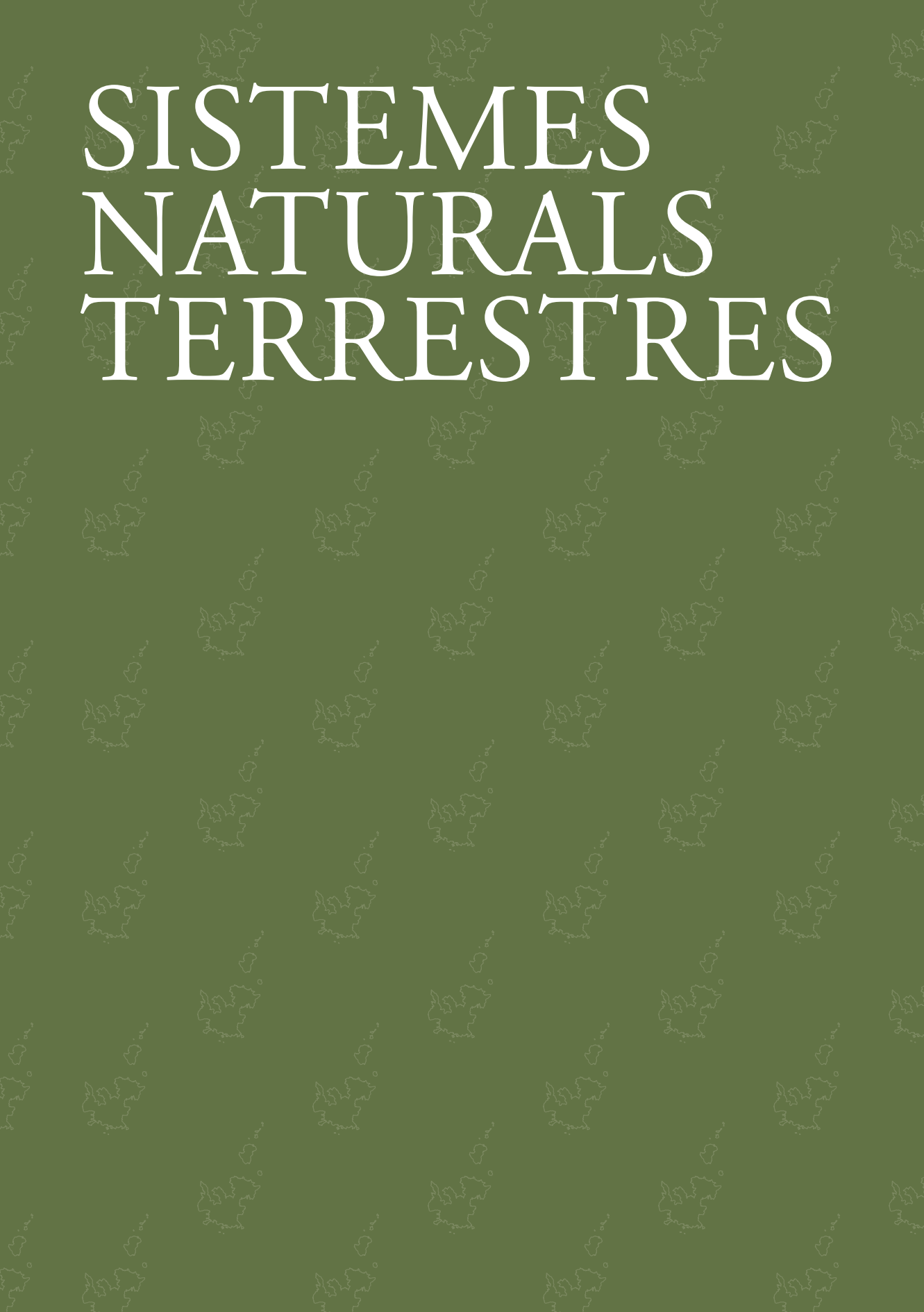
REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.), 1993. Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2. CSIC-Editorial Moll-SHNB, Palma. 778 pp.
- Álvarez, D., Llorente, J., Fernández, D. i Roy, M.J., 2007. Estudio del efecto reserva y el impacto de la pesca artesanal sobre las poblaciones ícticas del Parque Nacional Marítimo-Terrestre de Cabrera. *Informe tècnic TRAGSATEC*.
- Álvarez-Berastegui, D., Reñones, O., Coll, J., Rueda, L., Morey, B., Navarro, O., Stobart, B., Aparicio, A i Grau A.M., 2018. Multiscale seascape habitat of necto-benthic littoral species, application to the study of the dusky grouper habitat shift throughout ontogeny. *Marine Environmental Research*, 142: 21-31.
- Avellà, F., 1985. Cabrera. *L'Ecologista*, 2: 1-3.
- Ballesteros, E., Cebrián, E., Sant, N., Tomás, F., Rodríguez-Prieto, C., López-Sendino, P. i Pinedo, S., 2020a. El bentos dels fon infralitorals. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P. i Terrasa, B., *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 215-241.
- Ballesteros, E., Cebrián, E., Tomás, F., Aguilar, R., Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Verdura, J. i Garrabou, J., 2020b. Els fons circalitorals: coral-ligen i avellanó. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P. i Terrasa, B., *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 319-334.
- Barberà, C., Mallol, S., Vergés, A., Cabanellas-Reboredo, M., Díaz, D. i Goñi, R., 2017. Maerl beds inside and outside a 25-year-old no-take area. *Marine Ecology Progress Series*, 572, 77-90.
- Brotons, J.M., Grau, A.M., i Rendell, L. 2008. Estimating the impact of interactions between bottlenose dolphins and artisanal fisheries around the Balearic Islands. *Marine Mammal Science*, 24(1), 112-127.
- Cabanellas-Reboredo, M., Mallol, S., Barberà, C., Vergés, A., Díaz, D. i Goñi, R., 2017. Morpho-demographic traits of two maerl-forming algae in beds with different depths and fishing histories. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*. 2017;1-13. <https://doi.org/10.1002/aqc.2827>
- Cadiou, G., Boudouresque, C.F., Bonhomme, P. i Le Diréach, L., 2008. The management of artisanal fishing within the Marine Protected Area of the Port-Cros National Park (northwest Mediterranean Sea): a success story? *ICES Journal of Marine Science*, 66: 41-49.
- Cerdà, M. 2015. Anàlisi del efecto de la ampliación del Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera sobre la actividad pesquera en su zona de influencia. *Informe tècnic*.
- Coll, J., Garcia-Rubies, A., Moranta, J., Stefanni, S. i Morales-Nin, B., 1999. Efectes de la prohibició de la pesca esportiva sobre l'estructura poblacional de l'anfós (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834. Pisces, Serranidae) en el Parc Nacional de Cabrera. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 125-138. ISSN 0212-260X.
- Coll, J., Garcia-Rubies, A., Morey, G. i Grau, A.M., 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three marine protected areas in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 76(4): 809-826.
- Coll, J., Morey, G., Navarro, O. i Mucientes, G., 2018. *La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2018*. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 58 pp.
- Coll, J., Reñones, O., Moranta, J., Álvarez-Berastegui, A. i Cardona, L., 2020. Els peixos dels fons durs infralitorals de Cabrera, Efectes de 25 anys de protecció. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P. i Terrasa, B., *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 243-274.
- Di Lorenzo, M., Claudet, J. i Guidetti, P., 2016. Spillover from marine protected areas to adjacent fisheries has an ecological and a fishery component. *Journal for Nature Conservation*, 32: 62-66. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.201604.004>.
- Frontera, M., Font, A., Forteza, V. i Tomàs, P., 1993. Home i Natura. Els usos tradicionals del sòl i la pesca. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.) Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*: 749-762.
- Giakoumi, S., Scianna, C., Plass-Johnson, J., Micheli, F., Grorud-Colvert, K., Thiriet, P. ... i Guidetti, P., 2017. Ecological effects of full and partial protection in the crowded Mediterranean Sea: a regional meta-analysis. *Scientific Reports*, 7: 8940 | DOI:10.1038/s41598-017-08850-w.
- Ginard, A. i Ramis, A., 2009. *El món de la pesca a Menorca*. Separata de l'Enciclopèdia de Menorca. Govern de les Illes Balears-Obra Cultural de Menorca, Ciutadella de Menorca. 124 pp.
- Goñi, R., Adlerstein, S., Álvarez-Berastegui, D., Forcada, A., Reñones, O., Criquet, G., i Bonhomme, P., 2008. Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: evidence from artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series*, 366: 159-174.
- Grau, A.M., Mayol, J., Oliver, J., Riera, F. i Riera, M.I., 2015. *Llibre vermell dels peixos de les Illes Balears*. Segona Edició. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca. 150 pp.
- Guidetti, P. 2006. Marine reserves reestablish lost predatory interactions and cause community changes in rocky reefs. *Ecological Applications* 16: 963-976.
- Guidetti, P. i Sala, E., 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 335: 43-56.
- Guidetti, P., Sala, E., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Micheli, F., Pais, A., Panzalis, P., Rosenberg, A. i Zabala, M., 2010. Fish assemblages across the Mediterranean sea and the effects of protection from fishing. *Biol. Mar. Medit.*, 17(1): 39-42.
- Instituto Nacional de Estadística. Dades estadístiques oficials d'Espanya. www.ine.es

- Lloret, J., Cowx, I., Cabral, H., Castro, M., Font, T.,.....i Erzini, K., 2016. Small-scale coastal fisheries in European Seas are not what they were: Ecological, social and economic changes. *Marine Policy*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.007>
- Lucas, A.M. i Ordinas, A., 2013. Mapes mentals, geolingüística i talassonímia en el Migjorn de Mallorca. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Estudios Sociales*, vol. XVII, núm. 434. Universitat de Barcelona.
- Mallol, S. i Goñi, R., 2019. Unintended changes of artisanal fisheries métiers upon implementation of an MPA. *Marine Policy*, 101: 237-245.
- Maynou, F., Morales-Nin, B., Cabanellas-Reboredo, M., Palmer, M., García, E. i Grau, A.M., 2013. Small-scale fishery in the Balearic Islands (W Mediterranean: A socioeconomic approach. *Fisheries Research*, 139: 11-17.
- Mayol, J., 1993. Conservació biològica. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.) Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 763-778.
- Mora, J., Álvarez, D., Pozo, M. i Llop, J., 2009. La actividad pesquera en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. *Informe tècnic CBBA*.
- Morales-Nin, B., Cardona, F., Grau, A.M., García, E., Álvarez, I. i Pérez-Mayol, S., 2013. Does angling activity influence consumer choices of fresh fish?. *British Food Journal*, 115(7).
- Myers, R.A. i Worm, B., 2005. Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360: 1846-1850.
- Palmer, M., Tolosa, B., Grau, A.M., del Mar Gil, M., Obregón, C. i Morales-Nin, B. 2017. Combining sale records of landings and fishers knowledge for predicting métiers in a small-scale, multi-gear, multispecies fishery. *Fisheries Research*, 195, 59-70.
- Papaconstantinou, C. i Farrugio, H. 2000. Fisheries in the Mediterranean. *Mediterranean Marine Science*. Vol. 1/1, 2000, 5-18.
- Quetglas, A., Merino, G., González, J., Ordines, F., Guijarro, B., Garau, A., Grau, A.M., Oliver, P. i Massutí, E., 2016. Assessment and management of Western Mediterranean small-scale fisheries. *Ocean & Coastal Management*, 133: 95-104. <https://dx.doi.org/10.1016/ocecoaman.2016.09.013>
- Quetglas, A., Merino, G., González, J., Ordines, F., Garau, A., Grau, A.M., Guijarro, B., Oliver, P. i Massutí, E., 2017. Harvest Strategies for an Ecosystem Approach to Fisheries Management in Western Mediterranean Fisheries. *Frontiers in Marine Sciences*, 4, 106. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00106>
- Reñones, O., Goñi, R., Pozo, M., Deudero, S. i Moranta, J., 1999. Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park (West-central Mediterranean). *Marine Life*, 9(1-2).
- Reñones, O., Goñi, R., Fernández, J.L., Mas, X. i Pozo, M. 2004. Small scale fisheries in Cabrera archipelago National Park (W Mediterranean): identification of fishing métiers. *Rapp. Commun. Inter. Mer. Médit*, 37, 426.
- Reñones, O., García, A., Díaz, D., Roldán E., Stobart, B. i Goñi, R. 2006. Estudio del efecto reserva en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Instituto Español de Oceanografía. COB-RESERVAS/2006:76 pp.
- Reñones, O., Álvarez-Berastegui, D., Coll, J., Morey, G., Navarro, O., Rueda, L., Grau, A., Stobart, B., Díaz, D., Box, A., Deudero, S., Grau, A.M. i Goñi, R., 2012. Identificación del patrón de movimientos y factores ambientales que determinan la distribución espacial del mero *Epinephelus marginatus* en el parque nacional marítimo-terrestre del archipiélago de Cabrera: Aplicaciones para su conservación. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2008-2011*. 407-430.
- Roberts, C.M., 1995. Rapid built-up fish biomass in a Caribbean Marine Reserve. *Conservation Biol.*, 9(4): 815-826.
- Sala, E. i Giakoumi, S., 2017. No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean. *ICES J.Mar. Sci.*, doi:10.1093/icesjms/fsx059
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., ... i Guidetti, P. 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS one*, 7(2), e32742.



SISTEMES NATURALS TERRESTRES



CANVIS DE LA VEGETACIÓ DE L'ILLA DE CABRERA AL LLARG DEL TEMPS

Juan Rita

Laboratori de Botànica.
Dept. de Biologia.
Universitat de les Illes
Balears. Palma
jrita@uib.es

Mauricio Ruiz

Servei de Sistemes
d'Informació Geogràfica
i Teledetecció. Universitat de
les Illes Balears. Palma

Gabriel Bibiloni

Laboratori de Botànica.
Dept. de Biologia.
Universitat de les Illes
Balears. Palma

Anna Traveset

Laboratori d'Ecologia
Terrestre. Dept. de
Oceanografia i Canvi Global.
Institut Mediterrani d'Estudis
Avançats. Esporles.

Rita, J., Ruiz, M., Bibiloni G. i Traveset A. (2020) Canvis de la vegetació de l'illa de Cabrera al llarg del temps. In Ginés J, and Gómez-Pujol LL. (2020). Fisiografia i geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera Grau *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

La vegetació de l'arxipèlag de Cabrera ha estat alterada per l'activitat humana des de fa mil·lennis. Aquestes perturbacions, però, han estat de molt diferent intensitat, i han fluctuat entre períodes d'ús intens de l'illa amb altres en què aquesta pressió humana es va relaxar molt. Però la presència de cabres va ser constant segurament des de temps prehistòrics. Les descripcions de l'illa de final del segle XIX i primera meitat del XX ens parlen d'una vegetació devastada per les cabres. No va ser fins a la declaració de parc nacional que es va decidir erradicar les cabres i ovelles. L'abandonament de l'activitat agrícola i l'eliminació dels herbívors domèstics han propiciat canvis molt importants en la coberta vegetal de Cabrera. En aquest treball es comparen fotografies aèries i sobre el terreny de l'illa prèvies a la declaració de parc amb altres d'actuals dels mateixos llocs. En aquestes imatges es pot apreciar un increment molt important de la vegetació llenyosa, particularment dels pinars i savinars, i la desaparició de molts dels espais oberts, antigament conreats. Tot això pot haver provocat canvis en la composició florística, i es planteja que és possible que algunes plantes lligades a llocs pertorbats puguin arribar a desaparèixer. Paradoxalment, altres zones sembla que s'han mantingut molt estàtiques al llarg del temps, malgrat que una anàlisi més acurada permet veure que també s'hi ha produït un increment de la cobertura vegetal d'ençà que no hi ha una pressió d'herbívors domèstics.

Paraules clau: *Vegetació, successió vegetal, herbívors, cabres, Pinus halepensis, Pistacia lentiscus, gestió d'espais protegits*

ABSTRACT

Changes in vegetation on the island of Cabrera over time. The vegetation of the Cabrera Archipelago has been altered by human activity for millennia. These disturbances, however, have been of a very different intensity throughout history, fluctuating between periods of heavy island use with others where this human pressure was greatly relaxed. In any case, the presence of goats has been constant since prehistoric times. Descriptions of the island from the end of the 19th century and the first half of the 20th century tell us about vegetation devastated by goats. It was not until the National Park declaration that it was decided to eradicate goats and sheep. The abandonment of agricultural activity and the elimination of domestic herbivores has led to very important changes in plant cover. We have compared images prior to the declaration of the Park with other current ones in the same places. In them you can see a very important increase of the woody vegetation, particularly of the pine forests and juniper, and the disappearance of many of the open spaces, formerly cultivated. All this has very likely caused changes in the floral composition, and that some plants linked to disturbed places may disappear. Paradoxically, other areas seem to have remained very static over time, although a more accurate analysis shows that there has also been an increase in plant coverage since there is no pressure on domestic herbivores.

Keywords: *Vegetation, plant succession, herbivores, goats, Pinus halepensis, Pistacia lentiscus, protected areas management*

INTRODUCCIÓ

La flora i vegetació de l'arxipèlag de Cabrera són ben coneguts gràcies a les diverses exploracions botàniques realitzades al llarg del segle XX (Marcos, 1936; Palau, 1976; Bibiloni *et al.*, 1993; Rita i Bibiloni, 1993; Traveset, 1993). Estudis posteriors s'ha anant aprofundint sobre la distribució de la fitodiversitat i els aspectes ecològics que condicionen la vegetació de l'arxipèlag (Traveset, 1995, 1997, 2000; Traveset i Sans, 1994; Traveset i Sáez, 1997; Sáez i Traveset, 1995; Bibiloni i Rita, 2000; Rita *et al.*, 2016). Per la seva banda, els diferents usos del sòl i els canvis en la vegetació de l'illa els darrers segles han estat tractats per Frontera *et al.* (1993) i per Mayol (1993), sobretot a partir d'antigues descripcions historicogeogràfiques i de projectes inèdits de reforestació. Per la nostra part, volem aportar algunes dades sobre l'estructura i els canvis que ha sofert la vegetació a partir de diferents tipus de material fotogràfic: per una banda, fotografies aèries (la primera de les quals és de 1956) que hem tractat amb sistemes d'informació geogràfica (SIG) i, per l'altra, fotografies convencionals fetes als mateixos llocs en anys diferents. Es tracta d'una primera aproximació que ens permetrà abordar els aspectes següents:

- » La importància de les orientacions dels vessants com a condicionant de l'estructura i la densitat de la vegetació.
- » Els grans canvis en la vegetació deguts a la disminució de l'activitat humana i a la desaparició dels herbívors domèstics.
- » La lentitud dels canvis en alguns tipus de vegetació, que s'han mantingut paradoxalment amb poques variacions durant dècades.

Per a la nomenclatura botànica s'ha seguit The Plant List (<http://www.theplantlist.org>).

LA FLORA I LA VEGETACIÓ DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA I ELS SEUS CANVIS AL LLARG DE LA HISTÒRIA

LA FLORA I LA VEGETACIÓ

La flora de l'arxipèlag té al voltant de 500 espècies, de les quals 470 es troben a Cabrera Gran (Bibiloni *et al.*, 1993). Es tracta d'una flora molt interessant formada per espècies majoritàriament mediterrànies, on predominen les plantes xeròfiles, juntament amb un important component d'espècies d'ambients litorals. La presència d'endemismes balearics i tirrènics és també molt rellevant, generalment concentrats a les zones rocoses i als penya-segats litorals i de l'interior. Fins ara, només *Rubia balearica* subsp. *caespitosa* (Font Quer i Marcos) Rosselló, L. Sáez i Mus és un endemisme exclusiu de Cabrera. En alguns illots de l'arxipèlag hi ha algunes espècies de plantes pràcticament exclusives d'aquests ambients microinsulars. Aquestes espècies tenen una distribució limitada a alguns illots de Mallorca i les Pitiüses. És el cas de *Beta vulgaris* var. *marcosii* O. Bolòs i Vigo, *Diploaxis ibicensis* (Pau) Gómez Campo, o *Medicago citrina* (Font Quer) Greuter, aquesta darrera també present als Columbrets. Algunes plantes rellevants dels illots es troben també a la zona llewantina de la península Ibèrica, com *Withania frutescens* (L.) Pauquy. D'altra banda, la presència humana a l'arxipèlag és molt antiga, es remunta a l'època talaiòtica, circumstància que ha afavorit que també hi hagi un grapat d'espècies exòtiques naturalitzades i altres que, sent natives de la conca Mediterrània, amb molta probabilitat també han estat introduïdes pels humans.

El paisatge vegetal de Cabrera Gran està dominat per la vegetació llenyosa, en general no gaire alta però bastant densa, on espècies com *Pistacia lentiscus* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Phillyrea media* L., *Erica multiflora* L., *Euphorbia dendroides* L. o *Rosmarinus officinalis* L. són bastant abundants. És molt destacable la presència de *Rhamnus ludovici-salvatoris* Chodat, que és un endemisme balear,

i de *Buxus balearica* Lam. com una part molt original d'aquestes comunitats arbustives. Malgrat això, hi ha àmplies zones arbrades, sobretot pinars de *Pinus halepensis* Mill., i també ullastres (*Olea europaea* L.) i savines (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* (Guss.) Parl.). La vegetació ruderal i arvense està molt limitada a les zones humanitzades del port, però també es pot trobar en alguns illots ocupats per colònies de gavines (l'Imperial, na Rodona, illa des Conills, etc.). Les comunitats litorals estan molt ben desenvolupades, amb presència d'espècies amb forma de coixí espinescent, entre les quals destaquen els endemismes *Astragalus balearicus* Chater i *Dorycnium fulgurans* (Porta) Lassen. Les comunitats de platges i sòls humits, malgrat que hi són presents, són puntuals i poc estructurades. Finalment a les esclotxes i als peus dels penya-segats s'hi troben un bon grapat d'espècies endèmiques d'aquests indrets com la palònia (*Paeonia cambessedesii*), la palònia blanca (*Helleborus lividus*), o la violeta de penyal (*Hippocrepis balearica*).

FACTORS AMBIENTALS QUE HAN CONDICIONAT EL PAISATGE VEGETAL DE L'ARXIPÈLAG

La composició florística i el paisatge vegetal de l'arxipèlag són un producte o conseqüència de diferents factors ambientals que hi han actuat sinèrgicament. El clima mediterrani semiàrid i l'estructura geològica de naturalesa carbonatada, però amb una gran varietat de textures i dureses, són sense dubte factors fonamentals per interpretar la vegetació actual de l'illa. Però de cap manera no són els únics. Així, l'efecte del clima sobre la vegetació queda matisat o amplificat per les orientacions dels vessants, així els vessant orientats cap al sud generen un ambient més calent i sec que els orientats cap al nord (Rita *et al.*, 2016). Aquest aspecte, que és rellevant a Cabrera, el desenvoluparem amb més detall més endavant. Per la seva banda, els substrats carbonatats durs, modelats pels fenòmens càrstics, afavoreixen la presència d'ullastrars i savinars. Igualment, molts dels endemismes solen trobar-se sobre aquests substrats durs que formen els penya-segats, tant interiors com costaners. Per contra, els pinars es troben preferentment sobre substrats més tous. Finalment, la influència del mar, i particularment de la sal transportada pel vent, també és un factor modelador del paisatge vegetal de primera magnitud. Així, les zones costaneres més afectades pel vent marí presenten una vegetació adaptada a aquest hàbitat tan difícil, on moltes plantes també són endemismes balearics. D'altra banda, de vegades la morfologia de la costa pot amplificar l'efecte de la proximitat del mar, per exemple, els bufadors que llancen a molta altura un esprai salí, o per contra, pot minvar l'efecte de la força del vent. Tot plegat fa que aquest espai amb vegetació litoral tingui una amplada molt variable. Finalment, la fauna que hi ha o hi ha hagut a les illes ha tingut un pes molt important en l'estructura de la flora i vegetació (Traveset, 1993). Així, la presència de les sargantanes, que poden actuar com a pol·linitzadores de flors o dispersores de llavors, o les colònies d'ocells marins, amb els seus excrements, han condicionat la vegetació actual de l'arxipèlag de Cabrera, particularment als illots. Dins aquesta fauna cal incloure-hi també tots els animals introduïts pels humans, dels quals els herbívors domèstics han estat, com veurem, una peça fonamental per comprendre la vegetació i els seus canvis al llarg del temps.

CANVIS EN LA VEGETACIÓ AL LLARG DE LA HISTÒRIA

La història és un factor fonamental per entendre el paisatge vegetal actual de l'arxipèlag. Sabem que durant el Pleistocè a Cabrera hi varen viure una petita cabra (*Myotragus balearicus* Bate, 1909) i un rosegador (*Hypnomys morpheus* Bate, 1918) tots dos endèmics de les Balears. Ambdós es varen extingir amb l'arribada dels humans (Alcover *et al.*, 1997; Hautier *et al.*, 2009). Per tant, la vegetació original de l'arxipèlag ja es trobava sota la pressió de vertebrats herbívors abans de l'arribada dels humans. De tota manera, és molt difícil imaginar els efectes concrets d'aquests animals sobre la vegetació, perquè la dieta d'aquests animals era diferent de la de les cabres i els rosegadors actuals, com també devia ser diferent la vegetació de l'illa. Però és clar que els herbívors formaven part de l'ecosistema de la Cabrera prehumana i eren un factor que en condicionava la flora i la vegetació.

És una incògnita quan va ser la primera ocupació humana de l'arxipèlag; l'activitat humana més antiga que s'hi ha documentat és la de fenicis i romans. La introducció de cabres deu ser almenys d'aquella època, atès que el topònim Cabrera ja existia al segle I dC. Per tant, l'alteració humana de

la vegetació original, si més no per la introducció de cabres i segurament rosegadors, és molt antiga. Després, l'arxipèlag ha sofert períodes d'ús més o menys intens, seguits per altres moments en què la pressió humana s'ha relaxat (Deyà, 2020). Cal destacar que entre els segles V i VII de la nostra era hi va haver una comunitat cristiana monàstica, i segurament també eremítica, que va ocupar la zona del port, i també la península que es troba al nord de Cabrera Gran i l'illa des Conills (Riera, 2011, Puche, 2013; Tantimonaco, 2015). S'han trobat evidències del cultiu de la vinya d'aquella època, així com de la presència de diferents espècies d'animals domèstics, entre ells la cabra (Riera, 2014). Tot això ens indica un ús continu i important del territori almenys durant tres segles. Segurament aquest va ser el període d'ús més intens de l'arxipèlag fins al segle XIX. Efectivament, durant l'època islàmica i l'edat mitjana sembla que no hi va haver una ocupació permanent ni una explotació agrícola de l'illa, malgrat que a partir del segle XIV són periòdics els intents de defensar-la enfront dels atacs musulmans, incloent l'edificació i posteriors reformes del castell. En qualsevol cas, l'extracció de llenya i la presència d'herbívoros domèstics va tenir continuïtat al llarg d'aquest segle i dels següents, però hi hagué també llargs períodes de relaxació de les activitats extractives. S'han trobat referències, però, que indiquen que a la segona meitat del segle XVIII l'illa estava desforestada (Deyà, 2020).

Al segle XIX les coses varen canviar radicalment. Entre 1809 i 1814, Cabrera es va fer servir com a presó per a més de 9.000 soldats francesos. Podem imaginar que la necessitat de recursos (espai per habitar, llenya per fer foc i per construir, plantes per menjar) va ser devastadora per a l'illa. Són esclaridors els mapes i dibuixos produïts per aquells presoners per constatar com una gran part de la zona del port, els dos comellars que s'endinsen cap a l'interior (de sa Font i de ses Figueres) i la zona de s'Espalmador estaven intensament ocupats pels precaris allotjaments dels soldats francesos (Fig. 1). L'ús intensiu de llenya durant aquest moment va depauperar les poblacions de savines, sobretot a la zona propera al port. Així, Santamaria *et al.* (2017), varen descobrir que la població de savines d'aquesta zona té una baixa diversitat genètica a l'ADN cloroplàstic, inferior a la que tenen les poblacions de savina més allunyades i de difícil accés. Aquests autors interpreten aquesta trobada com el senyal genètic de la reducció extrema del savinar a la zona més ocupada pels presoners francesos.

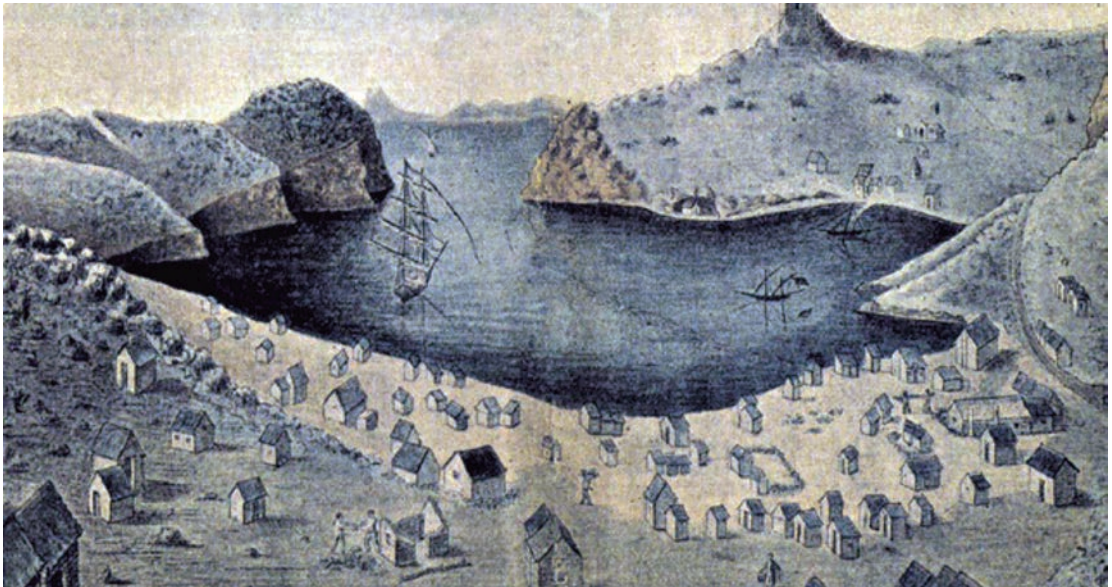
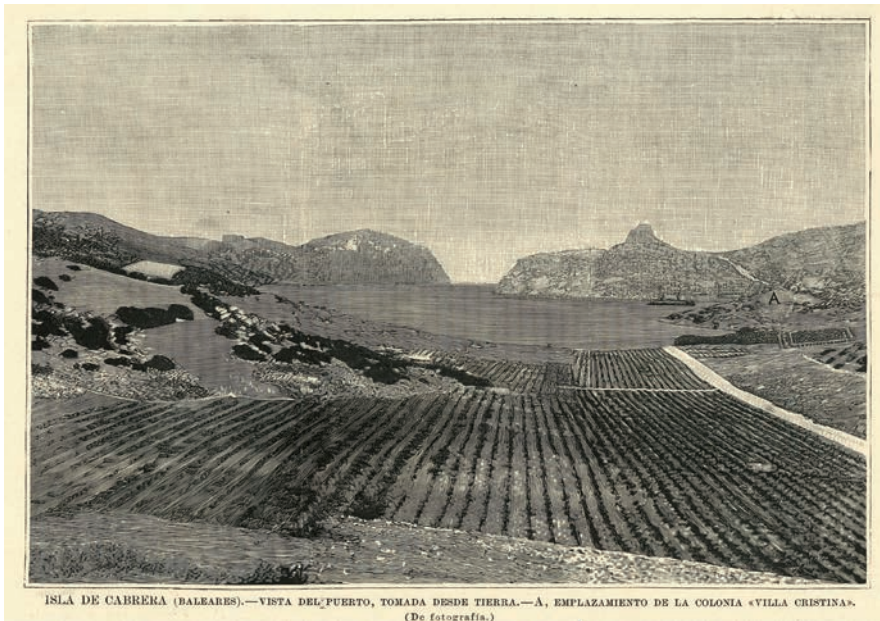


Figura 1. Napoléon Ville. El port de Cabrera quan era presó dels soldats francesos (Foto: L. F. Gille, 1892. *Mémoires d'un conscrit de 1808. Les prisonniers de Cabrera*. Ed. Victor-Havard. Paris).

Gràcies a l'arxiduc Lluís Salvador (Habsburg-Lorena, 1884), sabem que, dècades més tard, l'illa estava ocupada per una població petita però significativa que l'explotava agrícolament. Hi havia conreus, diferents tipus de bestiar —una part del qual es trobava als illots—, explotació forestal i al voltant de quatre-centes cabres. A final del segle XIX, hi va haver un increment de la pressió sobre l'illa quan s'hi va intentar establir una colònia agrícola, anomenada Villa Cristina. Alhora hi hagué un intent d'aprofitar l'illa per a la producció de vi (Fig. 2). Però la fil·loxera o la caiguda de rendibilitat de la vinya, per una banda, i la importància militar de Cabrera durant la Primera Guerra Mundial, per l'altra (que va portar a l'expropiació de l'illa als seus propietaris el 1916), varen fer fracassar aquest intent. L'explotació agrícola, amb menys intensitat de la prevista, l'extracció de fusta i l'activitat dels herbívors varen continuar durant la primera meitat del segle XX, i incidiren sobre la vegetació natural sobretot a les zones més properes al port. D'altra banda, el foc probablement també va aparèixer en diferents moments al llarg dels segles com un element transformador; així, per exemple, hi ha indicis d'un incendi forestal a mitjan segle XX (M. Castelló a Mayol, 1993). Aquest incendi segurament és el responsable de l'alta densitat de pins que hi ha a la part nord de l'illa, fenomen degut a la germinació massiva dels pinyons d'aquesta espècie seròtina després dels incendis.



ISLA DE CABRERA (BALEARES).—VISTA DEL PUERTO, TOMADA DESDE TIERRA.—A, EMPLAZAMIENTO DE LA COLONIA «VILLA CRISTINA».
(De fotografía.)

Figura 2. A final del segle XIX es va intentar sembrar vinya a Cabrera. Aquesta imatge, anterior a 1892, ens mostra un paisatge completament diferent de l'actual, i fins a quin punt la vegetació de l'illa ha canviat al llarg del temps (gravat publicat a *La Ilustración Española y Americana*, 1892).

Hem vist que els habitants de l'illa, al llarg de mil·lennis, han modificat la vegetació original de l'arxipèlag per l'ús de la fusta, els cultius i la introducció d'espècies de plantes i animals. Però també aquesta ocupació ha estat molt fluctuant, amb moments d'intensa activitat seguits de llargs períodes d'abandonament. Podem pensar que la vegetació natural també ha anat patint des de moments d'extrema degradació a altres d'una recuperació de la coberta vegetal, però sempre sota la forta pressió de la població de cabres. En general, les descripcions antigues de l'illa fan referència al magre desenvolupament del bosc i a l'aspecte àrid del lloc. Així, per exemple, A. Marcos (1936) fa una descripció del paisatge de Cabrera que ens dona una idea molt gràfica de com era l'illa en un moment en què es trobava molt degradada: "El primitiu bosc de *Pinus halepensis* ha estat exterminat quasi en absolut, i solament ha estat respectat en els llocs on el seu valor no hauria compensat les despeses del transport. Queda acantonat i isolat en la part NE de l'illa i formant minúsculs grups en algun altre lloc de l'interior. L'aspecte de desolació de l'illa és degut, doncs, a la destrucció de la vegetació natural. L'alteració és allà particularment profunda i manifesta." Amb seguretat avui en dia la seva descripció seria ben diferent.

Com ja hem dit, un dels factors més importants per interpretar el paisatge de Cabrera és la presència d'herbívoros introduïts. Aquests animals també varen afectar greument els illots, tal com ja va observar l'arxiduc Lluís Salvador al segle XIX, i també A. Palau (1976) quan va visitar l'arxipèlag a final dels quaranta i principi dels cinquanta del segle XX. De la mateixa manera, els petits herbívors introduïts —com els conills i les rates— han tingut un important impacte sobre la vegetació, sobretot depredant les llavors i plàntules de moltes espècies arbustives (Santamaría *et al.*, 2007, Traveset *et al.*, 2009), una afectació molt difícil d'avaluar però que possiblement va afectar seriosament espècies concretes de plantes des del moment inicial de l'ocupació humana de l'arxipèlag (vegeu també el capítol dedicat a la biota dels illots en aquest mateix llibre).

LA DENSITAT DE LA VEGETACIÓ I LES ORIENTACIONS DELS VESSANTS

A les fotografies aèries de l'arxipèlag de Cabrera es pot observar amb claredat, sobretot a la zona meridional, que la vegetació té un color més fosc en unes zones i més clar en altres (vegeu Fig. 4). Aquests canvis de la densitat de color fàcilment es poden interpretar com un efecte òptic produït per diferent intensitat d'il·luminació entre unes zones i altres. Però, si ens situam sobre el terreny, es veu que no és així; les zones més fosques ho són perquè la vegetació és més densa que a les zones més clares (Fig. 3). Una anàlisi visual acurada permet reconèixer un patró en la distribució de les zones fosques i clares: els vessants que es troben orientats cap a tramuntana tenen una major densitat de la vegetació que els que estan orientats cap al migjorn (Rita *et al.*, 2016). A més, en aquests darrers hi ha una proporció bastant elevada de sòl descobert, sense plantes. També en aquestes zones orientades al sud es pot reconèixer, a les fotografies més antigues, el reticle de tiranys generats pel trànsit de les ovelles, atès que fins a 1999 va haver-hi a Cabrera Gran uns 170 caps de bestiar oví (Jorge Moreno, com. pers.). El pas dels animals era una pertorbació afegida sobre un substrat que, per la seva orientació, ja era difícil de colonitzar per les plantes, perquè és més calent i sec. Les zones amb vegetació més densa no patien de la mateixa manera aquest impacte dels ramats i l'erosió consegüent, perquè la densitat mateixa de la garriga dificultava el moviment dels animals.

Hem intentat analitzar d'una manera més precisa aquest efecte de les orientacions dels vessants sobre la densitat de la vegetació fent servir sistemes d'informació geogràfica (SIG) (Fig. 4). Per aconseguir-ho, s'ha adjudicat a cada píxel d'una fotografia ortogonal de l'illa de Cabrera una de les nou possibles orientacions dels vessants (sòl pla, orientació nord, nord-est, est, sud-est, sud, sud-oest, oest i nord-oest), així com un dels quatre graus de densitat de la vegetació (sòl nu, densitat baixa, mitjana i alta). A partir d'aquestes dades, s'ha construït una taula de doble entrada que ens permet saber quina superfície hi ha segons l'orientació per a cada tipus de densitat de vegetació. Dit d'una altra manera, quin percentatge de terreny amb una densitat de vegetació determinada correspon a cada orientació.

A partir d'aquestes dades, hem obtingut que el 18,5% de la superfície de Cabrera presenta una densitat alta, el 36,9%, una densitat mitjana, el 26,7%, una densitat baixa, i el 17,9% del sòl està descobert. Sumant les dues darreres categories, veiem que en més d'un 44% de la superfície de l'illa hi ha actualment una densitat de vegetació baixa o el sòl està descobert. Aquestes zones es corresponen amb els llocs on la vegetació creix amb dificultat i l'erosió és o ha estat important.

La Figura 5 ens mostra la confirmació que hi ha una relació directa entre la densitat de la vegetació i l'orientació dels vessants: les zones amb densitat de vegetació més alta es troben majoritàriament en vessants amb orientacions cap al nord i l'est, i són pràcticament absents en vessants amb orientacions dins un arc que va des del ponent fins al sud-est. El sòl nu té una distribució gairebé inversa, es troba principalment dins aquest arc d'orientacions sud, incloent les que miren cap a l'oest. Les zones amb densitat mitjana es distribueixen principalment en orientacions nord, mentre que les que tenen densitat baixa apareixen sobretot en vessants amb orientacions meridionals. No era, per tant, un efecte òptic, sinó que les orientacions cap a tramuntana i llevant afavoreixen una densitat major de la vegetació que les orientacions cap a migjorn i ponent.



Figura 3. Els vessants amb orientació al nord (al fons a la fotografia) presenten la vegetació més densa, mentre que als orientats al sud (al primer pla) la vegetació és oberta i més baixa (Foto: J. Rita).

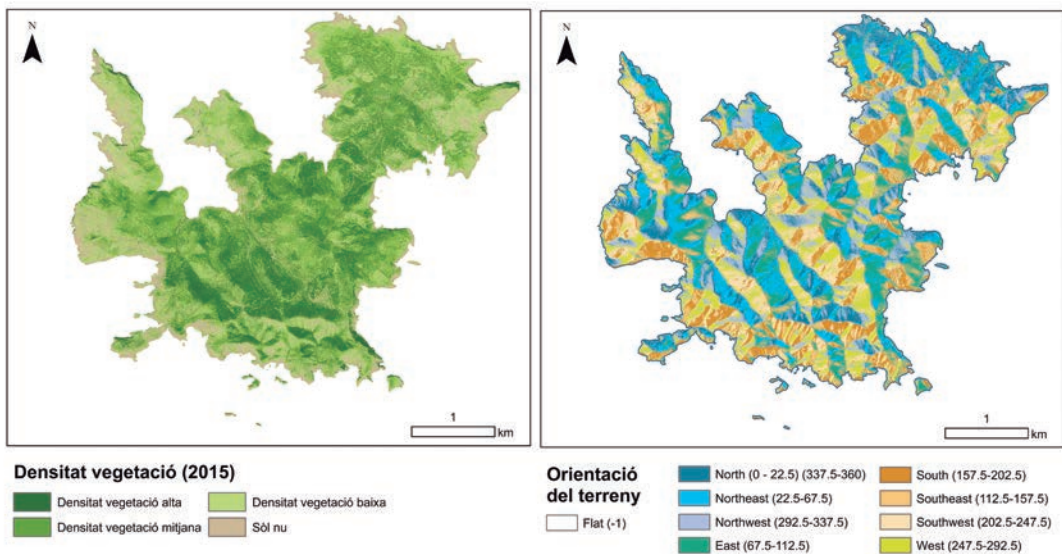


Figura 4. La densitat de la vegetació depèn de l'orientació dels vessants, com es pot veure en aquestes imatges tractades a partir de fotos aèries de 2015. A l'esquerra, la densitat de la vegetació el 2015; a la dreta, l'orientació dels vessants (elaboració: Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica i Teledetecció de la UIB).

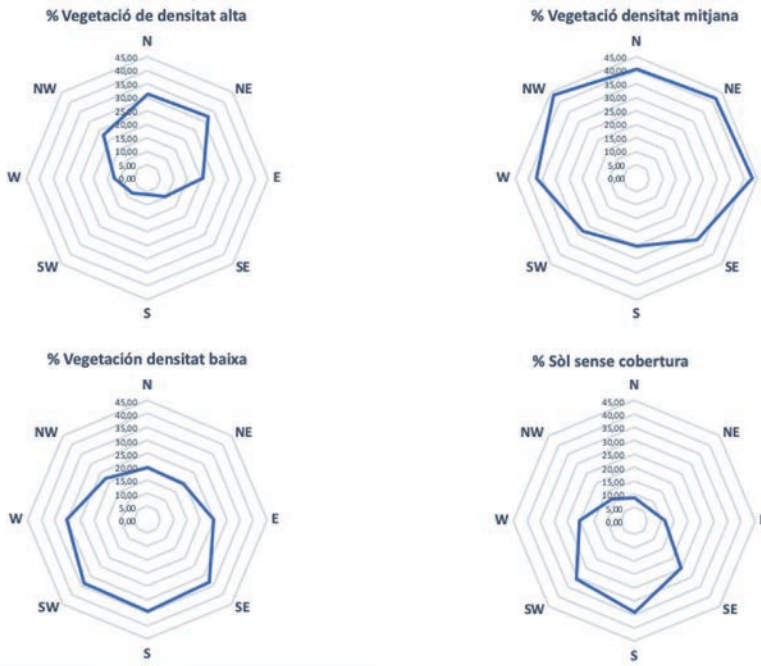


Figura 5. Els gràfics mostren el tant per cent de cada tipus de densitat de vegetació per a cada una de les orientacions dels vessants. Es pot apreciar com la vegetació més densa es troba preferentment en orientacions N o NE, mentre que la menys densa o els sòls descoberts es troben en orientacions S.

CANVIS DEGUTS A LA DISMINUCIÓ DE L'ACTIVITAT HUMANA: ABANDONAMENT DE CULTIUS, DE L'EXPLOTACIÓ FORESTAL I L'ELIMINACIÓ DELS RAMATS D'HERBÍVORS

Ja hem comentat en un apartat anterior que la vegetació de Cabrera ha sofert grans canvis al llarg de la història. A continuació voldríem analitzar els canvis més importants que s'han produït des de la meitat del segle XX fins ara, i particularment des que l'arxipèlag és parc nacional. Aquests canvis recents estan relacionats amb la relaxació de la pressió humana sobre els recursos naturals de l'arxipèlag, i en concret amb l'abandonament de l'ús agrícola i ramader. Aquesta relaxació s'ha traduït en un increment del cobriment vegetal de les zones obertes, i específicament de la superfície forestal. Els canvis més importants s'han donat sobretot a partir de la declaració de parc nacional el 1991, però ja eren prou evidents abans d'aquesta fita. Per analitzar això, hem fet servir dos tipus de documents. Per una banda, l'anàlisi amb SIG de les fotografies aèries disponibles —les més antigues són de 1956 i les més recents de 2015— i, per l'altra, hem comparat fotografies antigues, moltes de fetes pels autors poc abans de la declaració del parc, amb fotografies dels mateixos llocs fetes recentment (2018).

L'ABANDONAMENT DELS CONREUS

Sabem que a Cabrera hi ha hagut cultius segurament des d'un temps molt antic, com a mínim des dels segles V al VII dC (Tantimonaco, 2015). A més de les evidències arqueològiques que demostren la producció de vi, és del tot probable que els monjos que varen viure a l'arxipèlag, tant

al cenobi a prop del port com als ermitoris que hi havia a la zona nord de l'illa i a l'illa des Conills, tinguessin zones conreades per disposar d'aliments. En èpoques molt més recents, l'arxiduc Lluís Salvador (Habsburg-Lorena, 1884) esmenta fins a cinc zones que s'aprofitaven per cultivar-hi. Tres es trobaven a prop del port de Cabrera: el comellar de sa Font o de ses Tres Quarterades, el comellar de ses Figueres i de s'Espalmador. Aquestes zones es varen utilitzar almenys fins a mitjan segle XX. A més, l'Arxiduc també parla d'algunes zones de conreu a la zona de l'istme de la península que hi ha al nord de l'illa, les esmenta com a cala Ganduf, la Miranda, el comellar del Mal Nom i la rota d'en Pere, prop de s'Olla. D'aquestes darreres no n'hem trobat rastres a les fotografies més antigues de les quals disposam, han desaparegut sota la vegetació. A final del segle XIX es va cultivar de nou la vinya (Pastor, 1977), per la qual cosa es va incrementar notablement l'aprofitament agrícola de l'illa. Frontera *et al.* (1993) fan una descripció detallada de l'evolució d'aquest ús de Cabrera fins que es va declarar parc i, per tant, no cal insistir-hi aquí. Aquests autors, citant documents de l'expropiació de Cabrera, diuen que el 1916 hi havia 90 ha cultivades. Aquesta és una superfície realment considerable (i pot ser exagerada), atès que suposaria que a principi del segle XX hi havia el doble de superfície conreada que la que s'observa a les fotografies aèries de 1956, les més antigues de què disposam. En qualsevol cas, totes aquestes referències antigues permeten pensar que a Cabrera es conreaven zones de les quals ha desaparegut qualsevol rastre de la ubicació.

En el present estudi hem analitzat els canvis produïts per l'abandonament de les zones conreades que va tenir lloc bastant abans de la declaració de parc nacional i que aquesta fita va consolidar. Per això hem fet una anàlisi de les fotografies aèries de la zona central de l'illa, on s'ha conreat al segle XX, en tres moments: 1956, 1990 i 2015 (Fig. 6). Els canvis que s'hi poden observar són espectaculars i mostren fins a quin punt la vegetació natural té resiliència, això és capacitat per cicatritzar les ferides. Per fer això, hem classificat el sòl en tres categories: cultivat, abandonat però amb pastura extensiva, i abandonat i cobert de vegetació. A la Fig. 6 es poden veure les zones de cada tipus reconegudes en cada foto aèria i com han anat canviant.

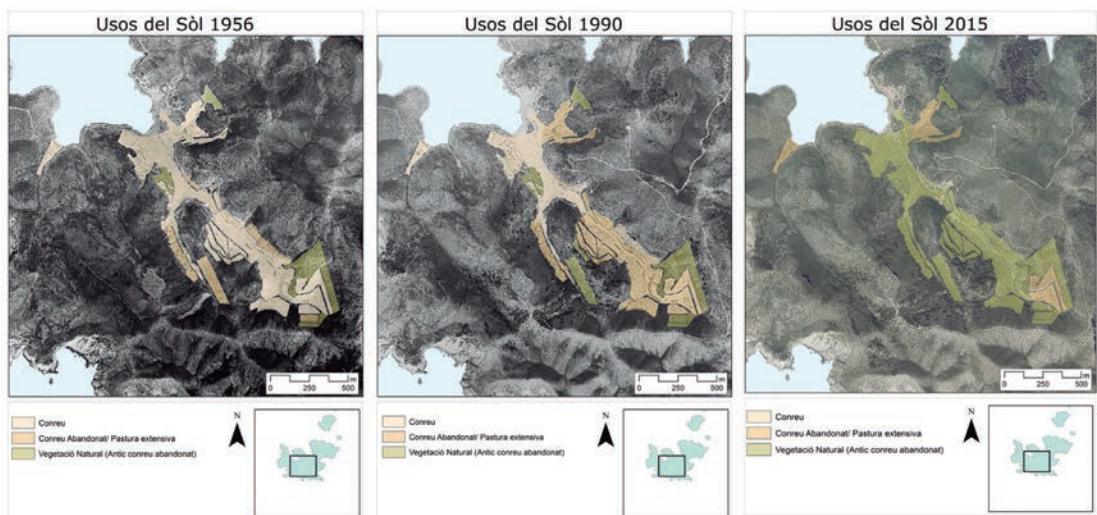


Figura 6. Canvis en la vegetació que cobreix els comellars i antigues terres de cultius que es troben a prop del port de Cabrera.

El 1956 ja hi havia terrenys abandonats i fins i tot coberts completament per la garriga, però les terres conreades ocupaven una gens menyspreable superfície de 36 ha. Aquesta superfície es va reduir fins a 15 ha el 1990 (si és que realment encara es cultivaven en aquell moment) i era pràcticament inexistent el 2015. Es manté un petitíssim hort, com a darrer vestigi dels espais cultivats, a la zona de la font, aprofitat actualment pel personal del parc. Hem de dir, però, que aquesta petita resta de conreu manté una quantitat considerable d'espècies de plantes pròpies d'aquests hàbitats. Així, a la primavera de 2018, en una superfície d'uns 400 m² (20 x 20 m) de l'hort vàrem identificar la notable xifra de 49 espècies de plantes, totes típiques d'herbeis de zones alterades. És probable que

per a algunes sigui l'única localitat de Cabrera on actualment poden viure.

Les terres abandonades que es mantenien amb una coberta majoritàriament herbàcia, gràcies a la pastura de les ovelles (Fig. 7), es varen multiplicar per 5 entre 1956 i 1990, fins a ocupar unes 26 ha. Però el 2015, uns quinze anys després de l'extracció de les ovelles de Cabrera, s'havien reduït a menys de 10 ha, pel creixement dels arbusts. Per la seva banda, les zones antigament cultivades però que estaven completament cobertes per la vegetació llenyosa es varen incrementar lleugerament entre 1956 i 1990, arribaren a ocupar unes 10 ha, i s'incrementaren espectacularment fins a les 41 ha el 2015 (Fig. 8), també molt probablement a partir del fet que es varen eliminar les ovelles.



Figura 7. Ovelles pasturant en un antic camp de conreu de Cabrera. Fotografia presa el 1990. En aquest moment aquesta zona està coberta per la vegetació natural (Foto: J. Rita i G. Bibiloni).

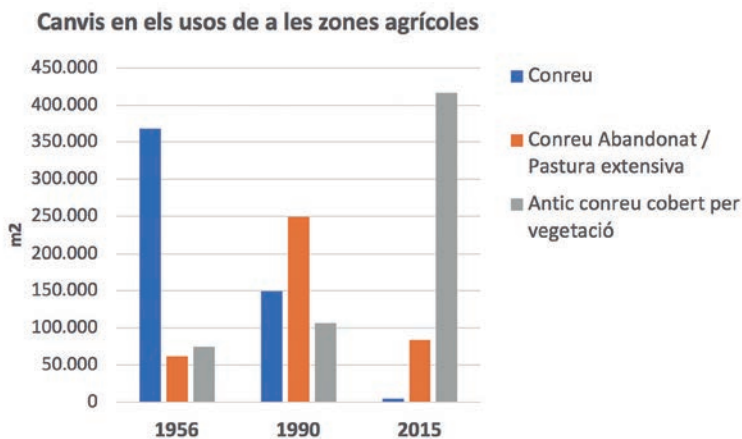


Figura 8. Superfícies de conreu, conreu abandonat i antic conreu cobert per la vegetació de la zona que apareix a la Fig. 6, el 1956, 1990 i 2015. Es pot veure el gran canvi que han sofert aquests terrenys en seixanta anys.

Aquestes xifres mostren el que ha estat un extraordinari canvi paisatgístic: avui en dia difícilment hom pot imaginar que a Cabrera hi havia zones cultivades. La vegetació arbustiva, i fins i tot arbòria, ho ha envaït completament tot fent intransitable un espai que abans estava obert. Aquest canvi també s'ha pogut documentar fotogràficament gràcies al fons fotogràfic del qual disposem de 1990 i 1991, el qual ens permet comparar la situació abans i vint-i-cinc anys després de la declaració de parc (Fig. 9 i 10).

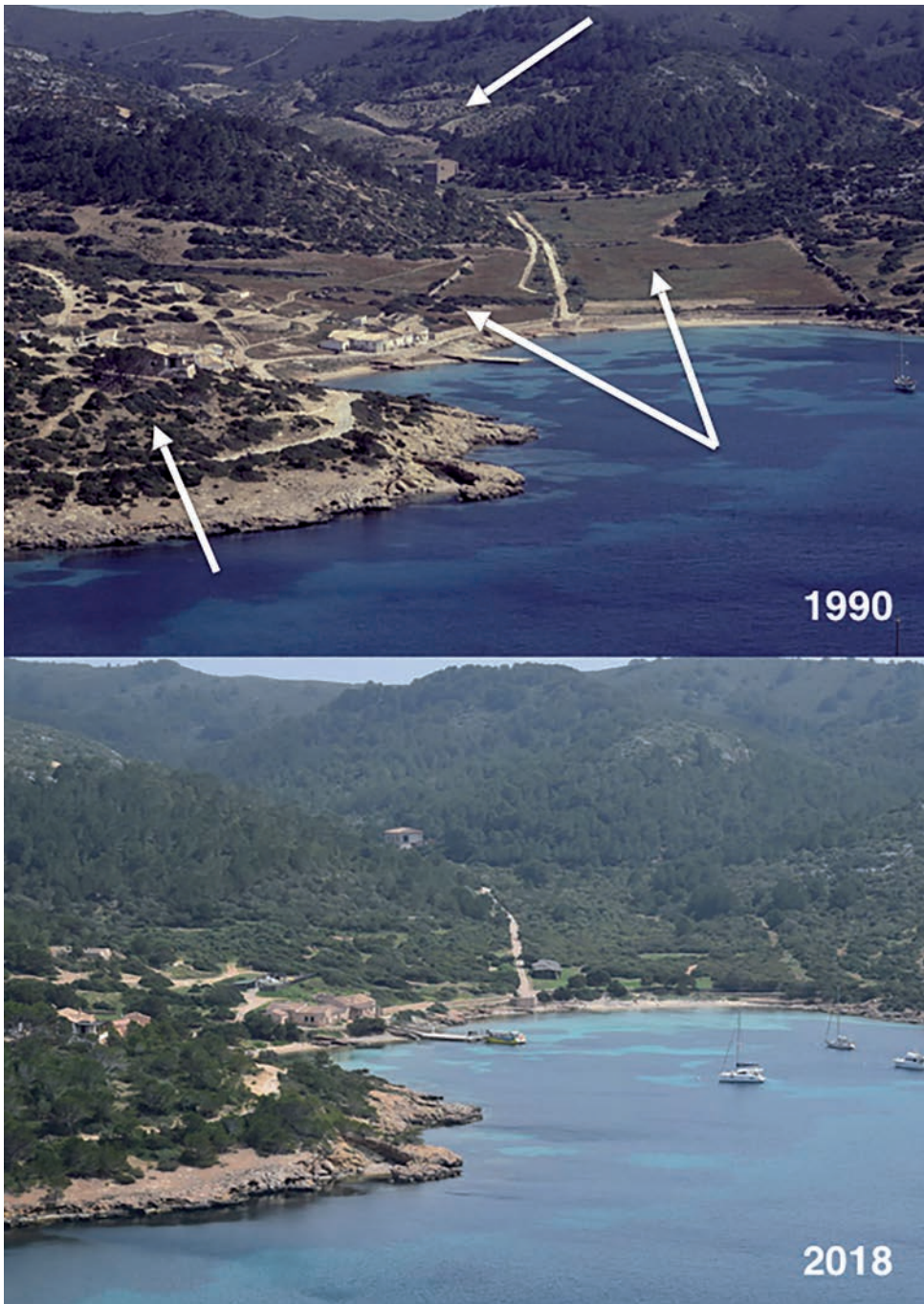


Figura 9. La fotografia de dalt està presa el 1990, i la de baix, el 2018. Es pot veure que l'antiga zona conreada, segurament ja abandonada el 1990, ha desaparegut sota els arbusts i arbres que hi han crescut a sobre. També es pot observar l'augment del pinar a prop de les cases de l'esquerra i a la part interior de la vall (Foto: J. Rita i G. Bibiloni).

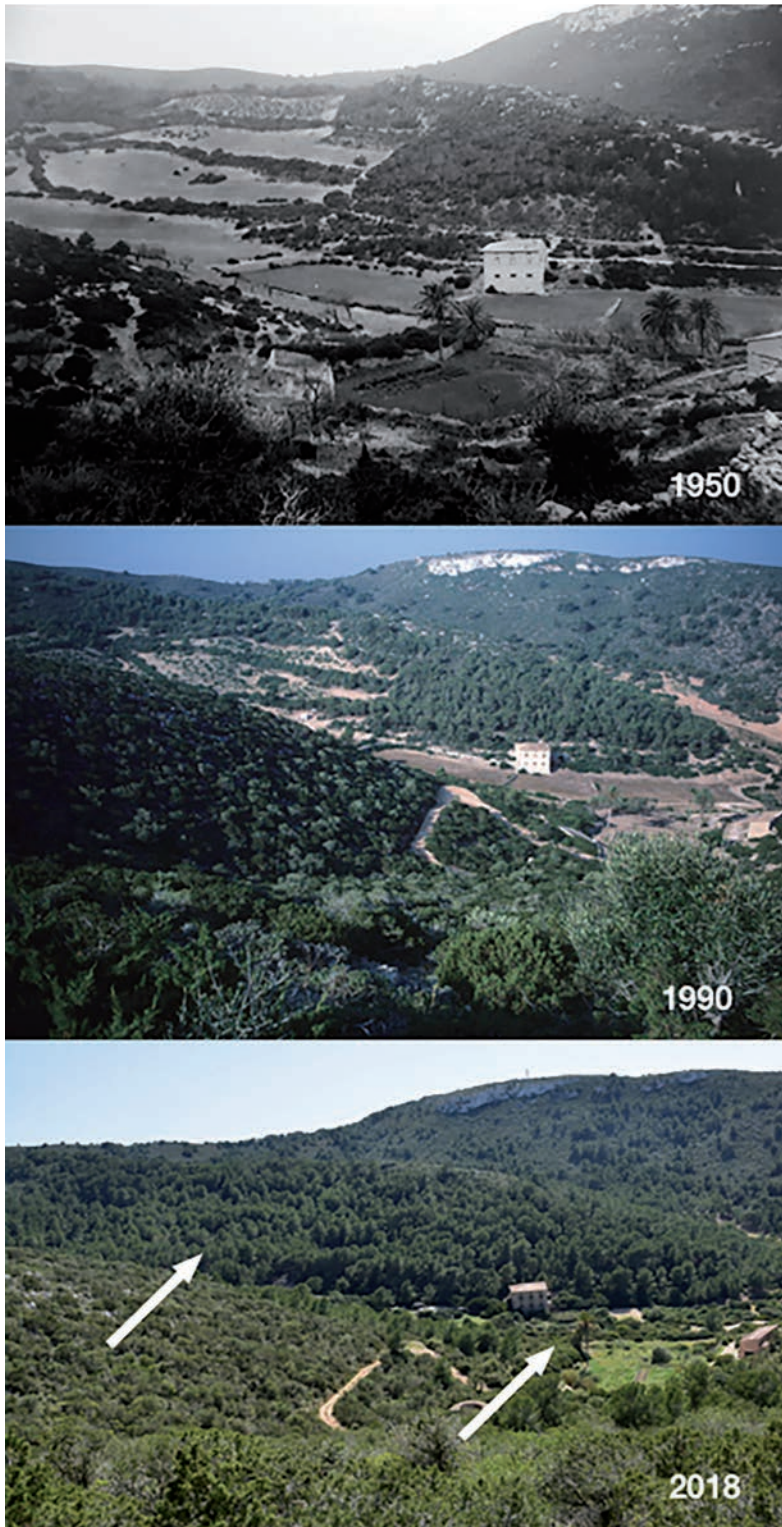


Figura 10. Zona propera al Cellar i a Can Feliu, fotografies fetes al 1950, 1990 i 2018. Es pot veure com han desaparegut gran part dels terrenys que es conreaven, engolits per la vegetació llenyosa (fotografia de 1950: Frontera i À. Font. 1999. *Cabrera un temps*. Ajuntament de ses Salines i OAPN. Fotografia de 1990 i 2018: J. Rita i G. Bibiloni).

INCREMENT DE LA SUPERFÍCIE FORESTAL

Hi ha gravats i fotografies antigues on es veu el monument als francesos com el protagonista del paisatge. Això és perquè es va construir en un lloc que pogués ser visible des de tot el port de Cabrera i, d'aquesta manera, la memòria d'aquells infeliços perduràs en el temps. Avui en dia, aquest monument és totalment invisible, perquè està completament envoltat de pins (Fig. 11).

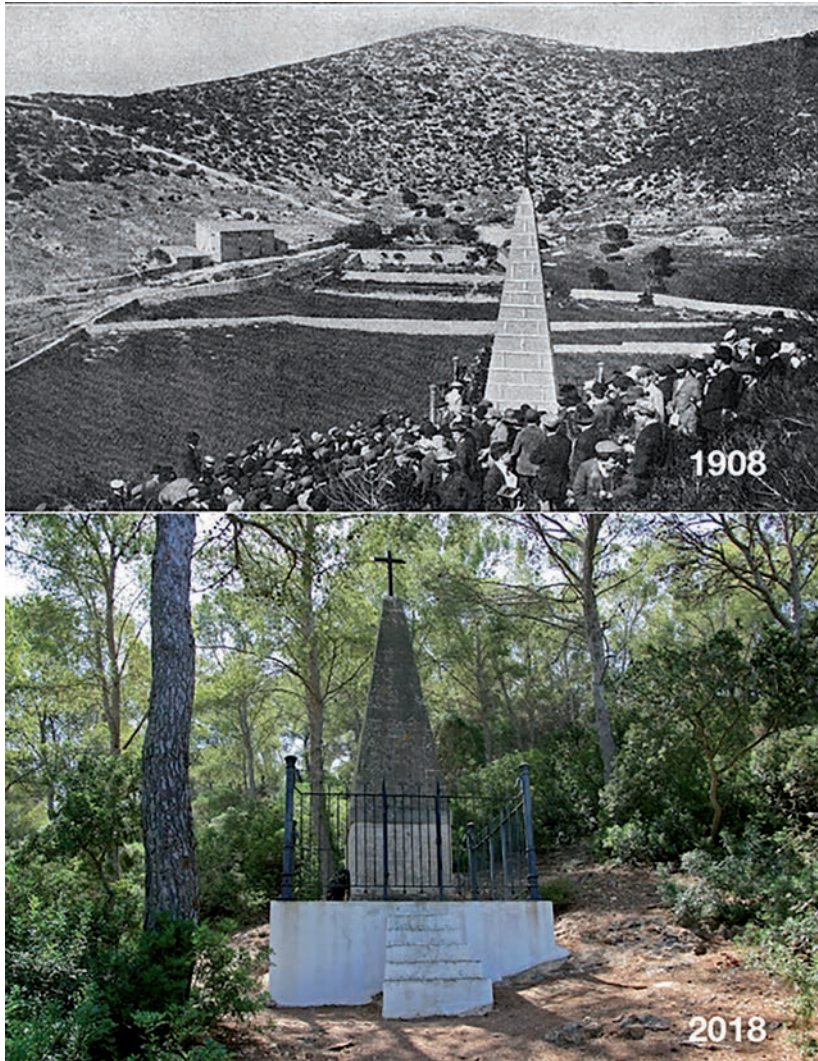


Figura 11. El monument als francesos. La foto de dalt és feta el 1908, la de baix, el 2018. El creixement del bosc de pins ja no deixa veure el monument des de la distància (Foto: J. Rita i G. Bibiloni).

Podríem escollir aquest cas com a paradigma d'un dels canvis més grans al paisatge de l'illa, com és l'increment de la superfície coberta pels pins (*P. halepensis*) i també per les savines (*J. phoenicea* subsp. *turbinata*). Ja hem comentat les paraules que va escriure Marcos (1936) sobre que el primitiu bosc de pins s'havia exterminat completament. A més a més, abans l'arxiduc Lluís Salvador havia descrit Cabrera com una illa "pelada". Segurament avui en dia aquests autors en farien una descripció molt diferent. Els pins sempre han estat presents a l'illa, especialment a la península de la part nord, tal com es pot veure a les indicacions dels mapes antics de Cabrera i pels comentaris mateixos dels autors que acabam de citar. Però a les darreres dècades del segle XX i principi del XXI, l'expansió de la superfície arbrada ha estat notabilíssima, particularment als comellars de ses Quatre Quarterades i al canal de ses Figueres, així com a les serretes que els envolten. Aquesta expansió de pinar està

l·ligada també a l'abandonament dels cultius i de l'explotació del bosc, i sobretot a l'extracció de les cabres. Aquests animals es varen eliminar a mitjan segle passat (Frontera *et al.*, 1993), segurament pels projectes que hi havia de reforestació de l'illa (que mai no es varen arribar a dur a terme). Així, l'increment del pinar ja era molt evident en el moment en què es va declarar Cabrera com a parc nacional, perquè havia passat de menys de 10 ha a principi del segle XX (segons l'acta d'expropiació) a prop de 230 ha els anys vuitanta del segle XX (Mayol, 1993; Frontera *et al.*, 1993). Actualment, la superfície arbrada a Cabrera arriba a les 297,7 ha (mesurada en una fotografia aèria de 2015). Des de la declaració del parc, el pinar ha ocupat ràpidament àmplies zones dels antics conreus o ha ampliat els seus límits a les zones on ja existia abans. Això es pot veure amb claredat comparant les fotografies fetes als mateixos llocs el 1990 i el 2018, per exemple, a prop de Can Feliu i a na Miranda (Fig. 10 i Fig. 12). Cal dir, però, tal com es veu en aquestes mateixes fotografies, que als llocs on s'havia constituït prèviament una garriga densa el creixement del pinar ha estat més lent, segurament per la dificultat que té el pi per germinar i progressar en llocs on troba la competència d'altres espècies i on no pot rebre la llum directa del sol.

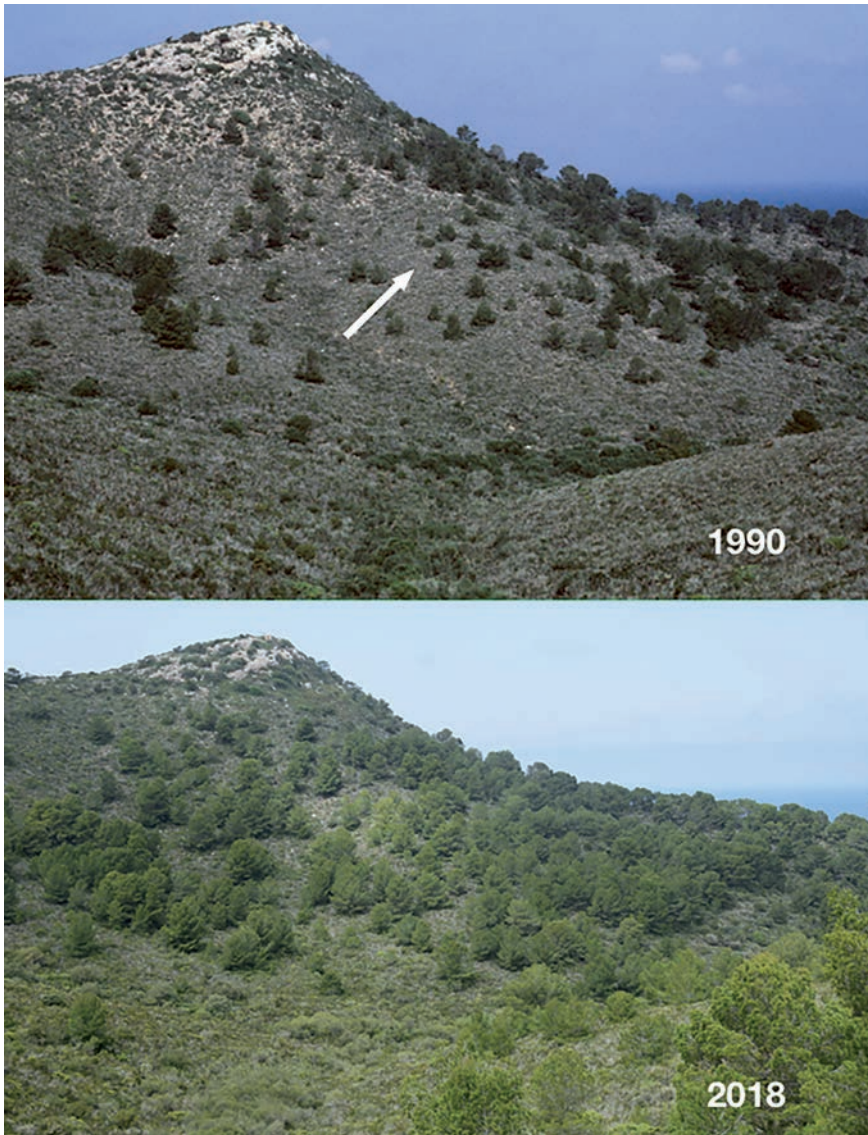


Figura 12. Fotografies fetes a prop de na Miranda; la de dalt és de 1990 i la de baix és de 2018. Es pot veure com ha crescut significativament el pinar. De tota manera, una gran part de la densa garriga d'aquests llocs encara es manté lliure de coberta forestal (Foto: J. Rita i G. Bibiloni).

LA LENTITUD DELS CANVIS DE LES COMUNITATS DE *Pistacia lentiscus*

Al mateix temps que algunes zones de Cabrera han canviat extraordinàriament en poques dècades, altres zones s'han mantingut amb poquíssims canvis. Observant les fotografies aèries, veiem que hi ha garrigues que aparentment s'han mantingut més o menys igual al llarg de dècades. Resta per fer, de totes maneres, una anàlisi més detallada sobre aquest tipus de vegetació que sembla invariable al llarg del temps. Per la nostra banda, hem fet una primera aproximació a un d'aquests llocs "estàtics". Es tracta del vessant que baixa del castell cap al port i que està colonitzat per arbusts (*P. lentiscus*, *Ephedra fragilis* J. *phoenicea* subsp. *turbinata*, etc.) relativament baixos, els quals es troben en mosaic amb espais oberts coberts de plantes herbàcies i petites mates, com *A. balearicus*, entre altres espècies. Hem comparat fotografies convencionals dels anys setanta amb actuals del mateix lloc (Fig. 13). I també hem comparat fotografies aèries de 1956 i de 2015.

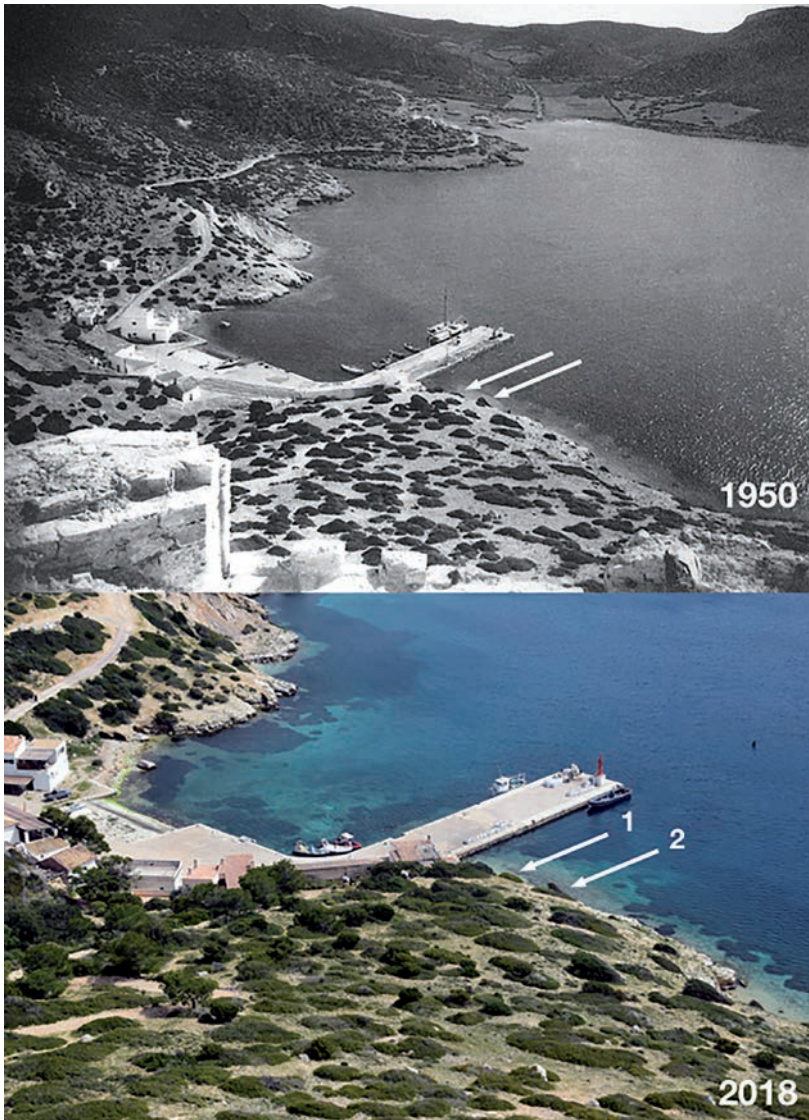


Figura 13. Zona del port de Cabrera. La foto de dalt està feta probablement a principi dels anys setanta del segle XX, la de baix, el 2018. Amb els nombres de l'1 al 4 s'indiquen els arbusts de *Pistacia lentiscus* que pràcticament no han sofert canvis en aquest període (Foto: Jeroni Juan Tous i J. Rita).

Una primera impressió és que l'estructura de la comunitat és molt semblant entre un moment i l'altre. Fins i tot es poden reconèixer les mateixes mates que s'han mantingut aparentment invariables. També a les fotografies aèries es poden identificar les mateixes taques. Tot això ens ha servit per quantificar realment quins han estat els canvis que hi ha hagut en aquests seixanta anys, que és l'interval més llarg disponible de fotografies aèries.



Figura 14. Exemples de *Pistacia lentiscus*. El nombre assenyalat els mateixos individus que es poden veure a la fotografia 13 (Foto: J. Rita).

Un aspecte sorprenent, però que ja s'intuïa, és que moltes de les taques arbustives, malgrat que poden haver crescut una mica, no han sofert molts de canvis. Ens hem centrat en dues, que es troben a prop del mar i que es poden reconèixer sense cap dubte en aquestes fotografies aèries. Aquestes mates tenen una edat no inferior a seixanta anys (Fig. 14). La més petita (número 1) té una llargada de 3,90 m, una amplada de 2,40 m i una alçada de 60 cm. És un exemplar humil, arrapat al terra, molt compacte, s'aixeca poc més de mig metre, però és un bon exemple de com plantes d'aspecte intrascendent poden ser, de fet, exemplars molt vells. També és un exemple de l'adaptació, la resistència i la persistència de les plantes mediterrànies que viuen en ambients molt estressants. Per tenir un punt de referència, malgrat l'enorme plasticitat d'aquesta espècie segons les condicions on viu, hem trobat que la mata més vella que s'ha registrat és un individu cultivat a Itàlia que té una edat d'uns 200 anys (+/-20), amb una circumferència del tronc de 5,8 m i una altura d'uns 8 m (font: https://www.monumentaltrees.com/en/ita/sardinia/sassari/19664_liespi/37055/, consultat el setembre de 2018). Per altra banda, a Sicília s'han mesurat individus de *P. lentiscus* de prop de cinquanta anys amb una circumferència del tronc d'uns 30 cm (Sala, 2016).

Hem mesurat a les fotografies aèries les superfícies cobertes pels arbusts i el nombre de taques arbustives que hi havia en aquesta zona els anys 1956 i 2015. Això ens ha permès comparar l'estructura de la vegetació arbustiva entre aquests dos moments (Fig. 15). Els resultats mostren que hi ha hagut més canvis dels que semblava visualment. S'ha produït un increment substancial de la superfície coberta per les taques dels arbusts, que s'ha incrementat en un 120%. Per altra banda, el nombre de taques s'ha incrementat només en un 11% (aquesta xifra pot no ser del tot exacta, perquè pot haver-hi hagut fusió entre taques veïnes). Sembla, doncs, que l'ocupació del

terreny s'ha produït sobretot gràcies al creixement dels arbusts ja existents el 1956, més que per un augment del nombre d'individus (que també ha tingut lloc). És versemblant pensar que aquest increment de la cobertura també és conseqüència d'una menor pressió de les activitats humanes i de l'acció dels herbívors. Tot això, afegit al fet que és possible identificar a les fotos de 2015 molts dels arbusts que ja vivien el 1956, ens mostra que les espècies mediterrànies tenen una enorme capacitat de resistència per viure en llocs difícils (poc favorables per al seu creixement), i la capacitat de mantenir-se i créixer malgrat disposar de pocs recursos. Ho fan, això sí, molt lentament; per això, podem caure en l'errada de pensar que una planta petita és una planta jove. Ara sabem que individus de *P. lentiscus* de poc més de mig metre d'alçada poden tenir més de seixanta anys.

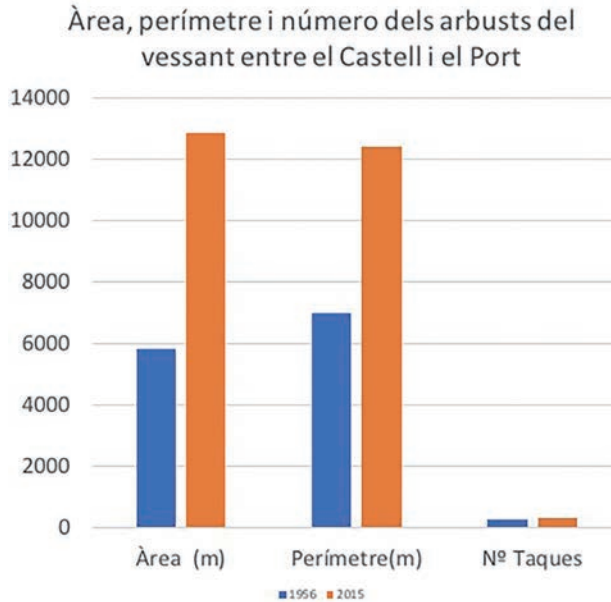


Figura 15. Superfície, perímetre i nombre de taques arbustives mesurats a partir de fotografies aèries de 1956 i 2015 del vessant del castell que dona al port. Malgrat que sembli que hi ha pocs canvis, la superfície arbustiva s'ha incrementat notablement, però no el nombre de taques, que només augmenta de manera discreta.

REFLEXIONS FINALS

Aquests darrers casos ens permeten fer un parell de reflexions. Per una banda, sobre el mateix concepte d'estabilitat quan parlem de la vegetació mediterrània. La velocitat a la qual percebem els canvis està molt condicionada per la durada de la nostra vida i dels testimonis que podem rescatar del passat. Però les plantes, i sobretot les de zones seques, poden tenir uns ritmes vitals molt més lents, de tal manera que el que per nosaltres seria estabilitat, quan ho situam en una escala de temps de dècades o centenars d'anys, veiem que en realitat vol dir que la vegetació es comporta de forma molt més dinàmica del que imaginam.

En segon lloc, hem vist que, quan hi ha una relaxació de la pressió humana, la tendència dels canvis porta a un increment de la cobertura arbustiva i arbòria, per tant, a una reducció dels espais oberts. Això té com a conseqüència que hi ha comunitats herbàcies i de petits arbusts que redueixen la seva presència perquè són substituïdes per una vegetació de major alçada, excepte en hàbitats molt particulars, com la zona costanera. Això és especialment important per a les comunitats herbàcies de llocs alterats, com les que ocupen les zones cultivades i els marges dels camins. Tot plegat, la reducció de la pressió humana sobre els ecosistemes pot tenir com a conseqüència l'extinció (local) d'espècies lligades a pertorbacions antròpiques (Rita i Bibiloni, 1993; Bibiloni i Rita, 2000). Per tant, seria esperable que la protecció donada a Cabrera arran de la declaració de parc nacional

portí, paradoxalment, una disminució del nombre d'espècies de plantes presents a l'illa. Potser això ja ha passat. Caldria fer un nou catàleg florístic per poder saber si la riquesa florística de l'illa, entesa com a nombre d'espècies de plantes, s'ha modificat o no els darrers anys. En la nostra opinió, la desaparició d'espècies ruderals, probablement introduïdes per l'home, no és un problema ambiental greu. El valor de la biodiversitat no es troba només en el nombre d'espècies, sinó també en les espècies que formen les comunitats i en els processos ecològics naturals que hi tenen lloc. La desaparició d'un endemisme, per exemple, o fins i tot d'una població d'un endemisme, sí que seria un problema molt greu, atès que suposaria la pèrdua irreversible d'un material genètic irrecuperable. Així, per exemple, les poblacions de *M. citrinia* de Cabrera s'han diferenciat genèticament de les de les altres illes, i per això s'han de considerar com a "unitats evolutives significatives" (Crespo *et al.*, 2007) i hauran de ser conservades, malgrat que l'espècie també es trobi en altres illots. Igualment la desaparició d'interaccions peculiars, com per exemple l'existent entre les abundants lletreres arbustives (*E. dendroides*) i les sargantanes (*Podarcis lilfordi* (Günther, 1874)) que les pol·linitzen de forma efectiva (Traveset i Sáez, 1997), representaria una pèrdua important en biodiversitat a Cabrera.

De tota manera, l'increment de la superfície arbustiva i arbòria i la reducció dels espais oberts amb vegetació herbàcia podria tenir conseqüències per a altres grups d'organismes difícils d'avaluar. Per exemple, sobre els ocells que hi arriben en migració o sobre les comunitats d'insectes. Des d'un punt de vista de la gestió dels espais naturals, s'ha de tenir una visió global per decidir. En aquest cas, la decisió es troba entre deixar que la dinàmica de la natura funcioni sense la nostra intervenció i actuar nosaltres com a observadors del que passa, tal com es fa a les reserves integrals, o bé intervenir, per cercar maximitzar la diversitat biològica incrementant l'heterogeneïtat d'hàbitats; per exemple, llaurant algunes zones o destinant-les a la pastura d'herbívors domèstics. Aquestes dues postures són igualment correctes si responen a uns objectius concrets i clars de gestió, un mètode de feina conseqüent amb aquests objectius i un programa de seguiment sobre la seva eficàcia.

Per acabar, podríem dir que hem vist que la flora i vegetació de l'arxipèlag de Cabrera ha tingut moltes vicissituds des que va ser colonitzada pels primers pobladors humans. De fet, no podem saber com era la vegetació original, ni els canvis concrets que la introducció d'herbívors i l'extracció de recursos varen comportar en la flora original. La presència d'espècies molt particulars que viuen exclusivament als illots més petits, especialment en aquells on mai no s'han introduït herbívors, és un indicatiu que aquest gran canvi (incloses extincions d'espècies) probablement es va produir (vegeu Traveset *et al.* en aquest volum). Després, la vegetació de l'illa ha anat oscil·lant amb més o menys cobertura vegetal segons la intensitat dels usos humans. Probablement, el període des que es va declarar parc nacional fins ara ha estat quan menys pressió ha tingut. La reducció de la pressió va començar, sense cap dubte, a principi del segle XX, amb l'expropiació amb fins militars, i després va continuar amb l'abandonament de l'activitat agrícola, el cessament de les extraccions forestals i sobretot amb l'eliminació de les cabres i altres animals domèstics.

AGRAÏMENTS

Estam molt agraïts a la direcció i el personal del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera per totes les facilitats que ens han donat, tant de tipus logístic com personals. També agraïm tota l'ajuda del Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica i Teledetecció de la Universitat de les Illes Balears en l'elaboració de la cartografia i l'anàlisi de les fotografies aèries.

REFERÈNCIES

- Alcover, A., Font, A. i Trias, M. 1997. Primera troballa de fauna pliocènica a Cabrera. *Endins* 21:79-82.
- Bibiloni, G. i Rita, J. 2000. Flora y vegetación terrestre. *In: Parque nacional del Archipiélago de Cabrera*, pp 51-86. Ed. Esfagnos, Talavera de la Reina.
- Bibiloni, G., Alomar, G. i Rita, J. 1993. Flora vascular dels illots i addicions a la flora de Cabrera Gran. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.). Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2. Ed. CSIC i Ed. Moll, Palma. 179-206.
- Frontera, M., Font, A., Forteza, V. i Tomas, P. 1993. Home i Natura: els usos tradicionals del sòl i la pesca. *In: Alcover,*

- J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2. Ed. CSIC i Ed. Moll, Palma. 749-762.
- Crespo, M.B., Gallardo, A.J., Alonso, M.A., Martínez, F. i Martínez, M. 2007. Biodiversidad vegetal del Parque Nacional de Cabrera: Biología de la conservación y diseño de estrategias de gestión de endemismos vasculares insulares. *In: Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2003-2006*. Ed. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid. 129-148.
- Dejá M.J. (2020) Cabrera: l'illa supervivent. *In: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 30: 723-736 ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears)
- Habsburg-Lorena, Ll. S. 1884 (edición en español de 1954). *Las islas Baleares. Cabrera*. Ed. Clumba, Palma.
- Hautier, L. Bover, P., Alcover, J.A. i Michaux, J. 2009. Mandible morphometrics, dental microwear pattern, and palaeobiology of the extinct Balearic Dormouse *Hypnomys morpheus*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54 (2): 181-194.
- Marcos, A. 1936. Contribució al coneixement de la flora balear. Flòrula de Cabrera i dels illots pròxims. *Cavallinesia*, VIII: 5-52
- Mayol, J. 1993. Conservació Biològica. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.). Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma. 763-778.
- Palau, P.C. 1976. Catàleg de la flòrula de l'illa de Cabrera i dels illots que l'envolten. *Treballs de l'Institut Català d'Història Natural*, 7: 5-103.
- Puche, J.M. 2013. La documentació gràfica al projecte de recuperació, consolidació i museïtzació del monestir bizantí de l'illa de Cabrera. *In: Riera, M. i Cardell, J. (eds.). V Jornades d'Arqueologia de les Illes Balears 2012*. Ed. Ediciones Documenta Balear, Palma. 315-323.
- Riera, M. 2011. Estudi territorial de l'ocupació humana de l'Antiguitat Tardana de l'arxipèlag de Cabrera (illes Balears – Segles V a VIII dC). *In: Actes del IV Congrés d'Arqueologia medieval i moderna a Catalunya*. Ed. Ajuntament de Tarragona i ACRAM, Tarragona. 4-14.
- Riera, M. 2014. El monestir de Cabrera. *In: Riera, M. (Coor.) El Monestir de Cabrera. Segles V-VIII dC*. Ed. Ajuntament de Palma, Palma. 25-28.
- Rita, J. i Bibiloni, B. 1993. La Vegetació (Memòria del mapa de les comunitats vegetals). *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.). Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2. Ed. CSIC y Ed. Moll, Palma. 207-256.
- Rita, J., Ballesteros, E., Ginés, A., McMinn, M. i Pérez-Mellado, V. 2016. Tejiendo Naturaleza: El Archipiélago de Cabrera, lugar de encuentro y armonía entre la Gea, la Fauna y la Flora. *In: Robledo, P.A. (Ed.) El Parque nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Ed. Instituto Geológico y Minero de España y Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. 203-231.
- Sáez, E. i Traveset, A. 1995. Fruit and nectar feeding by *Podarcis lilfordi* (Lacertidae) on Cabrera Island (Balearic Archipelago). *Herpetological Review*, 26: 121-123
- Santamaría, L., Rodríguez-Larrinaga, A., Latorre, L. i Pericás, J. 2007. Herbívoros exóticos del Archipiélago de Cabrera: Bases para una gestión basada en la minimización de impactos. *In: Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2003-2006*. Ed. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. 293-306.
- Santamaría, L., Molina, C., Rodríguez-Larrinaga, A., Guitián, P., Díaz-Delgado, R. i Pérez-Espona, S. 2017. Estructura genética del sabinar costero en el Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera: efectos históricos y contemporáneos. *In: Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2012-2015*. Ed. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. 191-208.
- Sala, G. 2016. *Análisis dendrocronológico per lo estudio dell'ecologia di alcune specie arboree ed arbustive in Sicilia*. Tesis Doctoral inèdita. Università degli Studi di Palermo (<https://iris.unipa.it/handle/10447/167594#.W5FcgY-3DUo>)
- Pastor, B. 1977. Les colònies agrícoles del segle XIX a Mallorca. *Mayurqa*, 17: 175-177.
- Tantimonaco, S. 2015. Epigrafia de Cabrera y Formentera (Islas Baleares). *Sylloge Epigraphica Barcinonensis (SEBarc)*, xiii: 111-134
- Traveset, A. 1993. Relacions entre plantes i animals. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.). Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2. Ed. CSIC i Ed. Moll, Palma. 473-486.
- Traveset, A. i Sans, A. 1994. Insect frugivory in *Juniperus phoenicea* (L.) (Cupressaceae) in Cabrera island (Balearic Archipelago). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37: 143 - 150.
- Traveset, A. 1995. Reproductive ecology of *Cneorum tricoccon* L. (Cneoraceae) in the Balearic Islands. *Botanical Journal of the Linnean Society* 117: 221- 232.
- Traveset, A. 1997. Depredació de llavors post-dispersió de l'aladern de fulla estreta (*Phillyrea angustifolia*) a l'illa de Cabrera. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 40: 27- 33.
- Traveset, A. i Sáez, E. 1997. Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia* 111: 241- 248.
- Traveset, A. 2000. Relaciones Ecológicas. *In: Parque Nacional Archipiélago de Cabrera*. Ed. Esfagnos S.L. Madrid, Spain. 124- 133.

ELS ILLOTS DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA: REFUGIS DE BIODIVERSITAT

Anna Traveset

Juan Rita

Grup de Recerca en Canvi Global,
Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB)
Esporles, Mallorca, Illes Balears

Dept de Botànica,
Universitat de les Illes Balears,
Palma, Mallorca, Illes Balears

atraveset@uib.es

Traveset, A. i Rita, J. (2020). Els illots de l'arxipèlag de Cabrera: Refugis de Biodiversitat. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

En aquest capítol es fa un repàs del coneixement que tenim fins ara de la biodiversitat present als illots de l'Arxipèlag de Cabrera i del seu funcionament. Els illots representen 'microcosmos naturals insulars' que poden ajudar-nos a entendre els processos ecològics i evolutius deguts a canvis ambientals ràpids. Recopilem, per primera vegada, el total d'espècies de diferents grups taxonòmics que han estat citats en aquests illots, a més de discutir l'efecte que tenen les colònies d'aus marines, així com els herbívors i depredadors, sobre la biota. També emfatitzem les interaccions peculiars que es donen en aquests ecosistemes i justifiquem la importància de preservar-los el més salvatge possible donat que constitueixen veritables santuaris de biodiversitat. Als illots de Cabrera, per exemple, hi trobem espècies vegetals (per exemple *Beta maritima*, *Medicago citrina*, *Whitania frutescens*, *Diploaxis ibicensis*, *Lavatera maritima*) que hi són comunes mentre que a Cabrera Gran presenten poblacions molt reduïdes. Als illots també hi trobem una bona colla d'espècies endèmiques de Balears i algunes endèmiques de Cabrera. En general, els illots presenten una gran abundància d'ocells marins i, per tant, representen escenaris ideals per a estudiar el seu impacte sobre les xarxes tròfiques terrestres. Les aus marines també poden dispersar llavors, especialment les gavines, la qual cosa pot conduir a la invasió per espècies de plantes cosmopolites i a la disminució d'espècies autòctones. Els illots podrien ser considerats repositoris potencials per a futures translocacions i reintroduccions d'espècies localment extingides a illes veïnes més grans i més pobres, i per tant, podrien funcionar com a refugis segurs i efectius d'interaccions vulnerables.

Paraules clau: *biodiversitat insular, illes petites, interaccions ecològiques, illots mediterranis*

ABSTRACT

This chapter reviews the knowledge we have so far about the biodiversity present in the islets of the Cabrera Archipelago and their functioning. The islets represent 'island natural microcosms' that can help us understand ecological and evolutionary processes occurring due to rapid environmental changes. We compile, for the first time, the total number of species from different taxonomic groups that have been cited in these islets, and discuss the effect of seabird colonies as well as that of herbivores and predators on the biota. We also emphasize the peculiar interactions that occur in such ecosystems, and justify the importance of preserving them as wild as possible as they are true sanctuaries of biodiversity. On the islets of Cabrera, for instance, we find plant species (e.g., *Beta maritima*, *Medicago citrina*, *Whitania frutescens*, *Diploaxis ibicensis*, *Lavatera maritima*) which are common in them while in Cabrera Gran they constitute very small populations. Islets hold a good group of species endemic to the Balearic Islands and even some endemic to the Cabrera archipelago. Islets generally have a great abundance of seabirds and are therefore ideal scenarios for studying their impact on terrestrial trophic webs. Seabirds can also disperse seeds, especially gulls, potentially leading to the invasion by cosmopolitan plant species and to a decrease of native species. Islets could be considered potential repositories for future translocations and reintroductions of locally extinct species to larger and poorer neighboring islands, thus functioning as safe and effective refuges for vulnerable interactions.

Keywords: *insular biodiversity, ecological interactions, Mediterranean islets, small islands*

INTRODUCCIÓ

A la Conca Mediterrània hi podem trobar uns quants milers d'illes petites (d'una mida menor a les 1000 ha) i illots (de menys d'1 ha) (Médail 2017). Malgrat la majoria d'estudis ecològics s'han dut a terme a illes grans o mitjanes (Médail 2017), les més petites abasten una gran varietat d'ambients i situacions biogeogràfiques, constituint veritables «laboratoris experimentals» ideals per a provar les conseqüències potencials de diferents motors de canvi global. Aquestes illes són molt sensibles a l'estocasticitat mediambiental, la qual sovint promou una ràpida i contrastada dinàmica ecològica. A més, són vulnerables a pertorbacions exògenes, especialment a l'entrada d'espècies invasores (rates, moixos, cabres, etc.) així com a les tempestes, a la nidificació d'aus marines, etc. Les aus marines, en particular, solen ser abundants en les illes petites i illots, formant-hi colònies que exerceixen una alta pressió sobre aquests ecosistemes, modificant els patrons i la dinàmica de les comunitats vegetals (veure secció *Efecte dels ocells marins sobre la composició i el funcionament dels illots*). Degut sobretot a la inaccessibilitat de moltes d'aquestes illes petites i illots, a més de a la dificultat de fer-hi estades i pernoctar-hi degut a la manca d'infraestructures, hi ha un gran desconeixement de la biodiversitat que hi habita i de com funcionen aquests petits ecosistemes. No obstant, estudis detallats d'aquests “microcosmos naturals insulars” podrien, sens dubte, millorar el nostre coneixement dels processos funcionals i evolutius induïts per canvis ambientals ràpids, almenys en les comunitats biòtiques simplificades de les costes mediterrànies (Médail 2017).

L'arxipèlag de Cabrera consta d'un total de 19 illes o illots a més d'un gran nombre d'esculls, d'una gran heterogeneïtat de dimensions i formes i que representen uns 13,2 Km² de terres emergides (Ginés i Gómez-Pujol, 2020). La mida d'aquestes illes varia entre les 1.139 hectàrees de Cabrera Gran i les 0,13 hectàrees de l'Olló. L'illot més septentrional, na Foradada, està separat del cap de ses Salines, el punt més al SE de Mallorca, per uns 9 Km.

Tot l'arxipèlag, disposat de forma allargada amb una direcció NE a SW, va estar connectat en un passat relativament recent, en el període de màxima regressió marina que va tenir lloc durant la darrera glaciació del Pleistocè (Cuerda 1993; Servera 1993). S'assumeix, per tant, que durant aquest període hi havia una gran homogeneïtat mediambiental –donada la petita escala espacial– i, per tant, que no hi devia haver gradients geogràfics destacables en la composició de la seva biota (Pons i Palmer 1999).

En aquest capítol, fem una revisió de la flora i fauna que ha estat citada a dia d'avui als illots de Cabrera. En la Taula I hem recopilat el nombre total d'espècies citades fins ara a l'arxipèlag de diferents grups taxonòmics. Tractem també l'efecte que tenen sobre la biota les colònies d'aus marines, i emfatitzem les interaccions peculiars que es donen en aquests ecosistemes. Acabem amb una secció en la que ressaltem la importància de mantenir els illots el més ‘inalterats’ possible donat que actuen com a refugis de moltes espècies i interaccions ecològiques i evolutives úniques, i per tant, li donen un gran valor a la biodiversitat de l'arxipèlag, la qual cal conservar a tota costa.

FLORA DELS ILLOTS DE CABRERA

Durant els anys 1987-1991, Bibiloni *et al.* (1993) catalogaren la flora vascular dels illots de Cabrera. Des de llavors no s'ha actualitzat el catàleg, per tant és possible que alguns elements ja no hi siguin i que n'hi hagi de nous. Així, per exemple, al recentment explorat illot de na Redona s'hi han trobat 16 espècies de plantes noves respecte a l'inventari publicat al 1993; per altra banda, unes 38 espècies podrien haver desaparegut (Rita *et al.*, 2020). Aquestes dades ens mostren un procés normal i dinàmic a les illes, amb entrada de noves espècies en el temps i desaparicions degut al fracàs d'expansió per alguna raó determinada. Aquell catàleg va incloure 193 tàxons, pertanyents a 139 gèneres dins 51 famílies. Segons la teoria de biogeografia insular, la superfície d'una illa i el nombre d'espècies estan positivament relacionades (McArthur i Willson 1967); s'han trobat, però, diverses excepcions, com ara les Canàries (Humphries 1979) o les Galàpagos (John i Raven 1970), entre altres. L'arxipèlag de Cabrera cau en un intermedi, ja que la relació entre la superfície insular i el nombre d'espècies no és massa elevada. Això es deu a la gran heterogeneïtat en altres

factors, a part de la superfície, com són l'alçada, l'exposició a les onades, i en definitiva l'estructura geomorfològica de les petites illes (Bibiloni *et al.*, 1993; Rita i Bibiloni, 2013; Rita *et al.*, 2016). Aquesta manca de relació entre superfície i nombre d'espècies que es dona en aquest tipus d'illes s'anomenat "Efecte de les Illes Petites" (SIE acrònim en anglès) (Lomolino i Weiser 2001; Panitsa *et al.* 2006; Sfenthourakis i Triantis 2009). Dos exemples ho il·lustren bé: l'Estell d'en Fora conté sis vegades més espècies que l'Illot Pla, tot i que el primer és gairebé tres vegades més petit que el segon; l'Imperial és 1.5 vegades més petit, però conté el doble d'espècies, que na Plana. Els illots de poca alçada, òbviament, són sovint coberts per les onades i, per tant, no s'hi estableixin massa espècies vegetals ni animals terrestres. Per contra, les parts altes dels illots més abruptes queden més refugiades de la influència directa de les tempestes i, a més, poden albergar una diversitat més alta de microhàbitats, lo que permet la colonització per més espècies. De fet, Bibiloni *et al.* (1993) troben una alta correlació entre l'alçada dels illots i el nombre d'espècies vegetals que hi habiten.

Taula I. Informació recopilada sobre la presència d'algunes espècies de vertebrats (Miguel McMin, com. pers.), sobre la densitat de sargantanes (Pérez-Mellado *et al.* 2008), i sobre el nombre de plantes vasculares i diferents ordres d'invertebrats (família en el cas de les formigues) a les illes i illots de Cabrera. Els 0 indiquen que no s'han trobat individus en els grups corresponents malgrat s'han fet mostrejos (dades obtingudes en diferents capítols de la Monografia de Cabrera (1993). Les dades dels formicids s'han extret de la tesi doctoral d'en Pascual Comín (1988). NA: no hi ha dades. X ± DE : mitjana ± desviació estàndar.

	Àrea (ha)	Alçada (m)	Presència de <i>Rattus rattus</i>	Presència d' <i>Oryzotylagus cuniculus</i>	Presència de <i>Larus michaëlis</i>	Presència de <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Presència de <i>Hydrobates pelagicus</i>	Presència de <i>Puffinus mauretanicus</i>	Presència de <i>Calonectris diomedea</i>	Presència de <i>Falco eleonorae</i>	Densitat de <i>Podarcis lilfordi</i> (X ± DE)	PLANTES VASCULARS	COLEOPTERA	ARACNIDA	PSEUDOESCORPINS	MOLLUSCA	ISOPODA	HETEROPTERA	LEPIDOPTERA	FORMICIDAE	Total invertebrats citats
CABRERA	1139	173	si	si	si	si	no	si	no	no	329.59 ± 80.15	477	78	71	9	25	15	9	55	6	268
NA FORADADA	1.51	29	no	no	si	ocasional	si	no	si	2 parelles	2595.40 ± 336.60	19	9	20	2	5	5	2	NA	3	46
ILLOT PLA	0.73	7	no	no	no	no	no	no	no	no	NA	2	NA	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
NA POBRA	2.93	29	no	no	no	si	si	si	si	no	2361.10 ± 477.45	40	7	17	4	7	3	0	NA	3	41
NA PLANA	5.42	23	no	no	no	no	si	ocasional	si	no	2021.60 ± 300.84	27	9	15	1	4	3	0	NA	2	34
ILLA DES CONILLS	136	123	desratitzada	no	si	si	si	si	si	no	633.85 ± 230.04	111	6	47	2	21	6	0	NA	4	86
NA REDONA	10.38	57	desratitzada	no	si	si	NA	si	NA	no	NA	107	4	31	2	8	2	0	NA	0	47
ILLA DES FONOLL	0.33	15	no	no	no	no	no	no	no	no	7815.50 ± 2398.20	52	4	4	2	4	2	0	NA	0	16
ILLA DE SES BLEDES	0.51	10	desratitzada	no	no	no	si	no	si	no	2852.80 ± 783.59	8	3	4	2	1	1	0	NA	0	11
L'IMPERIAL	2.57	76	desratitzada	no	si	si	no	si	dubtós	>30 parelles	1483.70 ± 379.87	49	4	20	0	4	0	2	NA	0	30
ESTELL XAPAT	1.06	48	desratitzada	no	no	si	dubtós	no	si	si	2006.70 ± 562.04	43	6	20	0	3	3	0	NA	3	35
ES CARABASSOT	0.40	39	no	no	no	si	NA	no	si	alguns	NA	35	2	14	3	6	2	0	NA	0	27
S'ESCLATASANG	0.55	43	desratitzada	no	si	si	no	no	si	alguns	3117.40 ± 676.28	23	4	6	1	4	1	1	NA	1	18
ESTELL D'EN FORA	0.14	31	no	no	no	si	si	no	si	alguns	NA	12	5	8	0	1	2	0	NA	0	16
ESTELL DES COLL	0.36	37	no	no	no	si	si	no	si	alguns	NA	10	5	5	0	2	0	2	NA	0	14
ILLA DE SES RATES	0.33	8.5	desratitzada	no	si	no	no	extingit	si	no	32	16	2	9	2	4	3	0	NA	0	20
L'ESPONJA	0.32	27	no	no	si	no	NA	no	si	no	NA	10	6	7	1	2	0	0	NA	0	16
L'OLLÓ	0.13	8	no	no	no	no	no	no	no	no	NA	NA	0	1	NA	3	0	NA	NA	0	4

La major part (64.5%) de les espècies vegetals dels illots de Cabrera són típicament mediterrànies; la resta són o bé cosmopolites -és a dir de distribució àmplia (17.4%)- o bé són europees o eurasiàtiques (11.5%). Hi ha una gran heterogeneïtat de formes vitals entre les diferents illes de l'arxipèlag. La proporció de teròfits, forma vital típica de la flora de les illes mediterrànies (Bolós 1989) és la més gran, i oscil·la entre el 27 i el 72% -sense tenir en compte l'illot Pla el qual inclou només dues espècies- (Bibiloni *et al.*, 1993). Aquests darrers autors troben també que hi ha una relació entre la superfície de les illes i les formes vitals de la flora que hi habita. Així, els illots de menys d'una hectàrea tendeixen a tenir una proporció de teròfits menor a un 50%, la qual cosa atribueixen en part al seu grau d'exposició a les tempestes. A més, els geòfits hi són menys abundants que a les illes més grans. Aquests diferències en la proporció de formes vitals també es dona per a tots els illots de les illes Balears quan es comparen les illes de menys de 5 ha amb les que superen aquesta mida (Rita i Bibiloni, 2013). Gran part de la variabilitat en les formes vitals que trobem als illots de Cabrera és també deguda, sens dubte, a la presència d'espais arrecerats de la influència marina, els quals permeten que siguin colonitzats per espècies no necessàriament halòfiles. Per altra banda, la presència de colònies d'aus marines provoca l'eutrofització edàfica, i això també pot comportar un augment de la proporció de teròfits (Carbonell M., Mayol J., Muntaner J., Rebassa M. (2020)), especialment d'espècies ruderals o nitròfiles (Rita i Bibiloni, 2013).

És interessant ressaltar que hi ha una sèrie d'espècies vegetals que són comunes als illots però presenten poblacions molt reduïdes a Cabrera Gran. És el cas, per exemple, de *Diplotaxis ibicensis* (trobadà al Codolar de l'Imperial, na Redona, na Foradada), de *Withania frutescens* (illa des Conills, na Redona, na Plana, illa Pobra, Estell Xapat, es Carabassot, l'Imperial i l'illa des Fonoll), o de *Beta maritima* subsp. *marcosii* (illot de ses Bledes, Estell des Coll, Estell de Fora). Les dues primeres espècies es troben també al sud-est peninsular, mentre que la tercera és un endemisme compartit amb algunes illes de les Pitiüses, com na Bosc i s'Espartar. Una altra espècie molt interessant des del punt de vista biogeogràfic és *Medicago citrina*, present també a illots de les Pitiüses i a les Columbretes (Seguí *et al.*, 2020); aquesta espècie es troba exclusivament a l'illot de ses Bledes, a l'Estell des Coll i l'Estell de Fora, i des de l'any 2002 es troba també a na Redona on es va introduir (Informe Jardí Botànic de Sóller 2003), malgrat no haver-hi constància de que hi hagués estat present en un passat. La introducció en aquesta illa es va fer degut a la creixent amenaça de la seva reduïda mida poblacional en els altres illots i a factors externs com les successives plagues d'*Icerya purchasi* (cotxinilla acanalada). Sembla que la introducció ha estat exitosa donat que actualment hi ha reclutament de nous individus en aquesta illa, els quals romanen concentrats en la part alta de l'illa on hi ha més profunditat de sòl, característica necessària per a que pugui arrelar bé aquesta lleguminosa i resistir els calorosos i secs estius (Informe Jardí Botànic de Sóller 2003). A na Redona actualment hi ha individus de *M. citrina* que gairebé arriben als 2 m d'alçada, probablement degut a les millors condicions de sòl i a la protecció de l'aerosol (spray) marí. Cal destacar que tant *B. maritima* subsp. *marcosii* com *M. citrina* només es troben a illots molt petits de l'arxipèlag, on mai hi han arribat els herbívors com cabres, rates o conills. Per tant, àmbdues espècies es podrien considerar com a relíquies d'una flora insular original de distribució més àmplia que ha quedat restringida degut als herbívors (Rita *et al.*, 2016).

A més, hi ha altres espècies interessants presents a Cabrera Gran (Rita *et al.*, 2020) i sols a uns quants dels illots, com són la rapa pudenta *Helicodiceros muscivorus*, que a part de Cabrera Gran, la trobem solament a l'illa des Fonoll, la lletrera arbustiva *Euphorbia dendroides* (a Illa des Conills, na Redona, na Pobra i l'Imperial), el narcís *Narcissus tazetta* (a illa des Conills, na Redona i l'Imperial) (Fig. 1), i l'endemisme balear *Rhamnus ludovici-salvatoris* (a l'Imperial i a es Carabassot). La raó de per què no estan en altres illots no la coneixem, però en aquest cas podria ser degut a processos estocàstics. Tant *H. muscivorus* com *R. ludovici-salvatoris* produeixen fruits carnosos que són consumits -i les seves llavors dispersades- per animals vertebrats, concretament ocells i sargantanes (Traveset 1993, Pérez-Mellado *et al.* 2000). És, per tant, possible, que les llavors arribin a illots on no hi ha plantes mare d'aquestes espècies mitjançant els ocells. El que s'estableixin com a plàntul·les i es puguin desenvolupar com adults dependrà de les condicions abiòtiques i biòtiques en cada moment en cada illot.



Figura 1. *Narcissus tazetta* és una espècie especialment abundant als illots de Cabrera. A part de a Cabrera Gran, la trobem a l'illa des Conills –on fa unes extenses catifes que desprenen una forta i dolça fragància-, a Na Redona, i a L'Imperial (Foto: Josep Amengual).

Excepte a l'illa des Conills, la vegetació halòfila litoral ocupa una gran superfície. En alguns illots, com és el cas dels Estells, illa de ses Bledes, na Plana i na Foradada, aquest tipus de vegetació és l'única existent. L'espècie *Suaeda vera* és el matoll halòfil crassulent dominant a la franja litoral de la major part dels illots, juntament amb *Sarcocornia fruticosa*.

Dues espècies també halòfiles especialment interessants dels illots de Cabrera són les dues lavateres, *Lavatera maritima* i *Lavatera arborea*, actualment dins el gènere *Malva*. La primera la trobem sols a na Redona i l'Imperial (Fig. 2), mentre que la segona la trobem a més de 10 illots (veure Taula III a Bibiloni *et al.* 1993). Concretament als illots més septentrionals, na Plana, illa Pobra i na Foradada, la *L. arborea* és molt abundant, encara que la mida dels individus no sol ser molt gran, com a molt mig metre, i, curiosament, presenten flors blanques. En canvi, als Estells (així com a altres illots de les Balears), a zones més ombrívols, sovint a peu dels penyals, *L. arborea* ateny una alçada més gran i és una de les espècies dominants. Tant *S. vera* com *L. arborea* són altament nitròfiles i per això es troben associades amb (1) la presència de colònies d'aus marines als illots, o (2) un antic ús d'alguns illots per al pasturatge d'ovelles, cabres i porcs, o inclús com a residència de petites poblacions humanes (illa des Conills). La bufera arbustiva (o borda), *Withania frutescens*, és també nitròfila i té un especial interès biogeogràfic, trobant-se sobretot en ambients insulars de litoral meridional de la Península Ibèrica, com per exemple, Columbretes, Tabarca, Illa Major del Mar Menor, i també a illots de les Pitiüses (es Vedrà, Tagomago) i de Mallorca (Malgrats) (Bibiloni *et al.* 1993). En aquestes comunitats halòfiles hi habita, a més un conjunt divers d'espècies herbàcies anuals entre les que hi trobem *Frankenia* spp, *Spergularia* spp, *Limonium echioides*, *Mesembrianthemum nodiflorum*, *Sagina maritima*, *Desmazeria marina*, *Parapholis incurva*, *Chenopodium murale*, *Urtica membranacea*, *Mercurialis annua*, *Erodium chium*, *Malva parviflora*, etc. *Asteriscus aquaticus* també es troba en aquestes zones, encara que una mica menys exposades a la influència marítima.

Les savines (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) i els aladerns (*Phillyrea* spp.) són abundants a Cabrera Gran, però als únics illots on estan presents són a l'illa des Conills i a l'illa des Fonoll. En aquest darrer, molt proper a la part més boscosa de l'illa gran, també hi trobem uns quants pins (*Pinus halepensis*) malgrat la petita mida de l'illot (0,33 ha).



Figura 2. *Lavatera maritima* a l'illot de na Redona al 2018. (Foto: Joan Rita).

FAUNA INVERTEBRADA DELS ILLOTS DE CABRERA

La composició faunística d'espècies endèmiques que es troben avui dia als illots de Cabrera és el resultat de successives colonitzacions i extincions que hi han tingut lloc durant els diferents esdeveniments al llarg de la història geològica, amb davallades del nivell de la mar, connexions amb les altres illes de l'arxipèlag i amb la conseqüent homogeneïtzació, i posterior pujada de la mar i aïllament. Cal tenir també en compte l'efecte de les rates sobre la fauna d'invertebrats dels illots; se sap que les rates poden nedar i, per tant, dispersar-se de forma activa fins al menys 300 m de la costa (Cheylan 1986), tenint així capacitat de colonitzar illots propers a aquesta. Palmer i Pons (1996) van trobar que alguns illots propers a la costa i dins aquest rang, i actualment sense rates (per ex. l'illot de Pantaleu al sudoest de Mallorca), presenten composicions faunístiques semblants a les que es troben en illes amb rates, la qual cosa suggerí que hi existeixen colonitzacions eventuais però que no totes són exitoses. Malhauradament, no hi ha estudis que hagin examinat les densitats de rates en l'arxipèlag de Cabrera ni molt menys la seva dinàmica, i per tant, poc podem dir del seu efecte sobre la biota dels illots. Sabem, però, que el seu efecte -en general- sol ser bastant negatiu sobre la biota insular (Traveset *et al.* 2009).

Els grups taxonòmics d'invertebrats que han rebut més atenció als illots de l'Arxipèlag de Cabrera inclouen les aranyes, els coleòpters i els mol·luscs terrestres, tots amb espècies endèmiques a l'arxipèlag (Pieras i Pons, 2020). D'altres grups, per contra, se sap molt menys, per exemple dels isòpodes, lepidòpters, himenòpters, dípters, etc. A continuació tractarem els diferents grups d'invertebrats més importants que s'hi han descrit, destacant els aspectes més rellevants de la seva ecologia.

ARÀCNIDS

A l'arxipèlag de Cabrera s'hi han identificat fins a 84 taxons d'aranyes (Araneae) que pertanyen a 14 famílies, entre les que hi trobem al menys 4 espècies endèmiques de Balears (Taula II). Una d'aquestes espècies endèmiques està present en molts dels illots, és la *Nemesia brauni* (Família Nemesiidae), mentre que una altra, *Hahnina hauseri* (F. Hahniidae), s'ha localitzat únicament a na Redona, a part de a Cabrera Gran. Les altres dues endèmiques s'han trobat de moment exclusivament a l'aquesta illa de molt major mida (Pieras i Pons, 2020). Les aranyes tenen una capacitat dispersiva molt elevada, ja que se solen transportar pel vent; de fet, el *ballooning* (també anomenat *kiting*) o vol aràcnid fa referència a un mode de translació pels aires que fan algunes aranyes emprant un sistema compost per fils de seda. Vigne (1997) senyala distàncies de mils de quilòmetres, malgrat inicialment es pensava que sols es dispersaven els juvenils, també s'ha trobat que mascles i femelles de fins a 1 cm poden desplaçar-se amb aquest mitjà. És degut a aquesta alta capacitat de dispersió que el nivell d'endemisme als arxipèlags sol ésser baix; a Balears, concretament, és tant sols del 8% (Pons i Palmer 1996). De fet, aquests endemismes tenen tots costums lapidícoles, presentant una menor dispersabilitat que altres famílies d'aranyes més arborícoles (Pons i Palmer 1996). Als illots de Cabrera hi trobem una dominància d'espècies de famílies lapidícoles, diürnes i nocturnes, com són la F. Gnaphosidae i la F. Salticidae, amb 12 espècies cadascuna, encara que algunes d'elles tenen una dispersabilitat alta i mostren una àmplia distribució. Les espècies de la F. Araneidae, per contra, solen tenir costums arborícoles o arbustius, i malgrat poder-se desplaçar a llargues distàncies, la seva distribució està determinada per aquest tipus de vegetació. Això explica, al menys en part, que hi hagi poques espècies d'aquesta família a molts dels illots de Cabrera que presenten una vegetació, baixa, i de caràcter nitròfil. Dues excepcions d'aquesta família, no obstant, són *Neoscona dalmatica* i *Zygiella x-notata*, ja que no depenen de la vegetació i són espècies que viuen en fissures en la costa rocosa. En un estudi previ, Pons i Palmer (1999) troben que la presència de rates no té un efecte important sobre la composició faunística d'aranyes, al contrari del que es trobà amb els tenebrionids (vegeu més avall), mentre que la presència de plantes vasculars sí que té un efecte rellevant sobre dita composició.

Especialment als illots de superfície reduïda amb recursos tròfics limitats (plàncton aeri, coleòpters, isòpodes, etc.), s'hi ha descrit una forta interacció negativa entre l'aranya endèmica *Nemesia brauni*, descrita com una súper-depredadora d'invertebrats, i la sargantana balear, *Podarcis lilfordi* (Pons 1993). Aquesta aranya fa caus consistents en uns tubs d'uns 20 cm sota terra tancats per un opercle envoltat per un tapis de seda. En l'estadi juvenil, no obstant, quan està cercant el lloc per fer el cau, l'aranya és presa de la sargantana (Pons 1993).

Dins l'ordre dels opilions, és interessant que - a part de a Cabrera Gran - sols es trobi una espècie a un únic illot, concretament a na Redona, *Dasylobus ferrugineus*; es tracta d'un endemisme balear conegut únicament de Mallorca i d'Eivissa (Pons i Rambla 1993). Per contra, hi ha una espècie d'escorpí, *Euscorpium carpathicus*, anomenat vulgarment com petit escorpí de la fusta, de distribució circummediterrània que sí es troba en al menys 11 dels illots; aquesta espècie, però, no sembla que hi estableixi poblacions estables donat que tots els individus que s'hi varen localitzar en una campanya feta a l'estiu de 1990 eren juvenils. Aquest escorpí viu sobre el sòl, entre les pedres i fulles i en fissures, però també el trobem dins coves i a la zona intermareal. A les illes Balears hi trobem una subespècie descrita (*E. carpathicus balearicus*), que alguns autors consideren ja com una espècie endèmica (*E. balearicus*) (Pieras i Pons, 2020).

Un altre ordre d'aràcnids, el dels pseudoescorpins, és relativament divers a l'arxipèlag de Cabrera, amb un total de 13 espècies. Tenen una mida diminuta, i presenten pedipalps i una aparença que recorden a escorpins sense cua, tot i que hi tenen un parentiu llunyà. Aquests animalons són comensals d'altres espècies (formigues, mosques, abelles, escarabats, etc.), utilitzant-los com a medi de transport per a recórrer llargues distàncies. Almenys mitja dotzena d'espècies de pseudoescorpins són presents als illots però no a Cabrera Gran; entre aquests hi trobem *Garypus levantinus* i *Pselaphochernes lacertosus* en diversos illots i altres espècies sols en un únic illot, per exemple l'endèmic *Chthonius cabriensis*, a l'illa des Conills, *Pselaphochernes setiger* a na Foradada, *Rhacochelifer maculatus* a es Carabassot, i *Hysterochelifer sp.* a na Pobra. Curiosament, aquests dos

darrers illots són els que presenten un major nombre d'espècies d'aquest grup (Taula I). Dins aquest grup, trobem a l'arxipèlag dos endemismes balearics més, el *Chthonious ponsi balearicus*– a Cabrera Gran i a un bon nombre d'illots- i *Neobisium ischyrum balearicum*, també localitzat a Menorca i a Eivissa (Pons i Palmer 1996).

COLEÒPTERS

De l'arxipèlag de Cabrera s'han citat prop d'un centenar d'espècies d'escarabats en total, encara que en base a exemplars conservats a col·leccions científiques, la xifra baixa a unes 80 espècies (Palmer i Petitpierre 1993). La immensa majoria solament es troben a l'illa gran, però hi ha al menys 8 espècies que, fins ara, només s'han localitzat als illots. Entre aquestes espècies n'hi ha 5 de la família dels tenebrionids, un criptofàgic, un cerambícicid, un crisomèlid i un curculionid. A la Taula II es poden veure les quinze espècies que hi ha a l'arxipèlag de Cabrera i que són endèmiques de Balears, dues d'elles endèmiques de Cabrera concretament.

Els tenebrionids són uns coleòpters majoritàriament àpters que presenten una alta taxa d'endemicitat a molts arxipèlags del món; a les Illes Balears, concretament, aquesta taxa arriba al 30% (Palmer i Pons 1996), una xifra baixa si es compara amb Canàries, per exemple, on és d'un 82% (Oromí 1982). L'efecte de la presència de rates (*Rattus rattus*) sobre ells ha estat estudiat als illots que envolten les Illes Balears incloent els de Cabrera (Palmer i Pons 1996a, 2001). El que es va trobar en aquest estudi és que els illots amb rates tenen un menor nombre de tenebrionids endèmics, encara que la riquesa total d'espècies d'aquesta família d'escarabats no es veu significativament afectada, el que suggereix que a les illes amb rates hi ha una substitució d'espècies endèmiques per espècies al·lòctones d'aquest grup d'escarabats. Així, per exemple, *Blaps gigas* i *Elenophorous collaris* semblen ser espècies que resisteixen bé la presència de rates (Palmer i Pons 1996a). A l'arxipèlag de Cabrera hi trobem 20 espècies de tenebrionids, de les quals al menys dues són endèmiques, o bé de les Balears (*Crypticus pubens*) o bé de les Gimnèsies (*Dendarus depressus*).

Dins els caràbids, hi ha 6 espècies a Cabrera. Una d'elles és *Percus espanyoli* (Fig. 4) que és endèmic de l'arxipèlag, trobant-se a l'illa gran i també a l'illa des Conills; es tracta de l'escarabat depredador per excel·lència, d'hàbits nocturns, i que té una gran resistència a les condicions més adverses i diverses, que fan que sigui abundant en molts hàbitats (Palmer i Petitpierre 1993). Un altre escarabat, en aquest cas de la família dels histèrids és *Macrolister major* i de distribució a l'oest de la Mediterrània; és un depredador de larves de diferents dípters necròfils i és relativament freqüent als cadàvers d'aus marines; per aquesta raó, a part de a Cabrera Gran, es troba a alguns illots com na Foradada i na Plana, on hi ha gran presència d'aus marines.



Figura 3. Exemplar de *Percus espanyoli*. Aquesta espècie de caràbid és endèmica de l'arxipèlag de Cabrera i s'ha trobat exclusivament a Cabrera Gran i a l'illa des Conills. És un gran depredador, té hàbits nocturns i una gran resistència a les condicions més adverses i diverses. (Dibuix: Xavier Canyelles).

Taula II. Llista d'espècies (i subespècies) de plantes i invertebrats terrestres endèmics de Balears que trobem als diferents illots de l'arxipèlag i a Cabrera Gran (s'exclouen els que s'han citat només a Cabrera Gran). Per a les plantes, s'inclouen únicament aquelles que són comuns als illots mentre que a Cabrera Gran presenten poblacions molt reduïdes; s'inclouen també (marcades amb un *) espècies de distribució restringida al Mediterrani Occidental que són d'especial interès (vegeu text). Fonts: diferents capítols de la monografia d'Alcover *et al.* (1993), Pons i Palmer (1996) i Pieras i Pons (2020). En **verd** s'indiquen les espècies (o subespècies) endèmiques de l'arxipèlag de Cabrera.

ORDRE	ESPÈCIE	CABRERA	NA FORADADA	ILLOT PLA	NA POBRA	NA PLANA	ILLA DES CONILLS	NA REDONA	ILLA DES FONOLL	ILLA DE SES BLEDES-	L'IMPERIAL	ESTELL XAPAT	ES CARABASSOT	S'ESCLATASANG	ESTELL D'EN FORA	ESTELL DES COLL	ILLA DE SES RATES	L'ESPONJA	L'OLLÓ
Capparales	<i>Diplotaxis ibicensis</i>		x					x			x								
Caryophyllales	<i>Beta maritima</i> sb. <i>marcosii</i>								x						x	x			
Rosales	<i>Rhamnus ludovici-salvatoris</i>	x									x		x						
Solanales	<i>Withania frutescens</i> *				x	x	x	x	x		x	x	x						
Fabales	<i>Medicago citrina</i> *							x	x						x	x			
Malphigiales	<i>Euphorbia dendroides</i> *	x			x		x	x			x								
Asparagales	<i>Narcissus tazetta</i> *						x	x			x								
Alismatales	<i>Helicodicerus muscivorus</i> *	x							x										
Malvales	<i>Lavatera maritima</i> *							x			x								
	<i>Nemesia brauni</i>	x	x		x	x	x	x			x	x						x	x
Araneae	<i>Habmia hauseri</i>	x						x											
	<i>Harpactea dyfouri</i>	x																	
	<i>Malthonica balearica</i>	x																	
Opiliones	<i>Dasylobus ferrugineus</i>	x						x											
	<i>Scotolemon krausi</i>	x																	
Scorpiones	<i>Euscorpium carpathicus balearicus</i>	x																	
	<i>Chthonius cabrirensis</i>						x												
Pseudoscorpiones	<i>Chthonius ponsi</i>	x																	
	<i>Neobisium ischyrum balearicum</i>	x																	
Isopoda	<i>Ballodillium pilosum</i>	x					x												
Hymenoptera	<i>Ancistrocerus ebusitanus</i>	x																	
Lepidoptera	<i>Polyommatus icarus balearica</i>	x																	
	<i>Dendrolimus pini schultzeana</i>	x																	
	<i>Percus espagnoli</i>	x					x												
	<i>Elaphocera capdebouvi</i>	x																	
	<i>Colotes cabrirensis</i>	x																	
	<i>Attalus coloratus</i>	x																	
	<i>Pachychila sublunata</i>	x																	
	<i>Tentyria schauvi</i>		x			x													
	<i>Stenosis intricata</i>	x	x		x	x		x	x		x	x	x	x	x	x			
Coleoptera	<i>Asida planipennis planipennis</i>	x				x		x											
	<i>Dendarus depressus</i>	x																	x
	<i>Phylan semicostatus</i>		x		x	x	x												
	<i>Phylan nitidicollis</i>	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Crypticus pubens balearicus</i>	x	x		x	x													x
	<i>Nesotes viridicollis viridicollis</i>	x	x		x	x			x	x	x	x			x	x			
	<i>Cryptocephalus majoricensis</i>	x																	
	<i>Brachycerus balearicus</i>	x																	
Oxyurida	<i>Spauligodon cabrirensis</i>	x																	
	<i>Oxychilus lentiformis</i>	x					x												
	<i>Trochoidea frater ferreri</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
	<i>Trochoidea frater pobrensis</i>				x														
Stylommatophora	<i>Trochoidea nyeli ponsi</i>	x					x												
	<i>Iberellus companyonii</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Limax majoricensis</i>	x					x	x					x						
Cyclophoroida	<i>Tudorella ferruginea</i>	x	x				x	x	x			x	x	x				x	x

Hi ha dues espècies d'escarabats, *Atomaria* sp. (F. Cryptophagidae) i *Psyllioides pallidipennis* (F. Chrysomelidae) que únicament s'han citat de l'Illa des Conills, mentre que una altra (*Acalles aubei*; F. Curculionidae) sols s'ha trobat a dos petits illots: l'Estell de Fora i l'Estell des Coll. També a part de a Cabrera Gran, a diferents illots com na Pobra, illa des Fonoll, Estell de s'Esclata-sang, Estell des Coll i Estell Xapat, hi podem trobar un altre curculionid, *Otiorrhynchus cribicollis*, que és ben conegut com a plaga d'alguns cultius, inclosos l'olivera, els cítrics i la vinya.

Moltes d'aquestes espècies d'escarabats podrien haver estat introduïdes pels mateixos humans, especialment quan hi cultivaven diferents hortalisses o quan varen dur ovelles a Cabrera. Algunes espècies, sobretot les no-voladores, podrien estar als illots des de molt abans de la pujada del nivell del mar i per tant haver quedat aïllades posteriorment, al formar-se els illots. Seria molt interessant poder disposar de dades d'estudis genètics per a conèixer la filogeografia de tots aquests grups d'invertebrats i poder entendre els processos d'extinció i colonització que hi ha hagut a nivell d'arxipèlag.

MOL·LUSCS TERRESTRES

Dins els illots de Cabrera hi trobem algunes espècies de mol·luscs que estan àmpliament distribuïdes mentre que altres es troben molt més restringides. Fins ara, s'hi han descrit 7 espècies amb diferent grau d'endemicitat (Taula II). Dins el primer grup hi trobem l'*Iberellus companyonia* (= *minoricensis*), l'única espècie de gasteròpode present a tots els illots de Cabrera, en diversos ambients. Sembla ser localment abundant a l'illot de Ses Bledes, i per tant és un dels pocs organismes que hi forma poblacions estables (Altaba 1993). Curiosament, dins d'aquesta espècie es troba una important diferenciació morfològica entre les poblacions de les diferents illes i illots. S'han trobat fòssils del Pleistocè que són també distingibles degut a la seva gran mida; seria per tant un cas de gegantisme, comú a moltes illes. Una altra espècie de cargol terrestre present a un gran nombre d'illots de l'arxipèlag és *Tudorella ferruginea*, un endemisme de les Gimnèsies, i l'únic proveït d'opercle. Aquesta espècie sembla ser una presa preferida per les rates (*Rattus rattus*), donat que s'han trobat moltes closques trencades per aquests rosegadors, especialment a l'illot de l'Olló (Altaba 1993). Una altra espècie que forma denses poblacions i es troba a la majoria dels illots és *Trochoidea frater*, endèmica de Mallorca i Cabrera. Aquesta espècie contrasta amb *T. nyeli*, endemisme de les Gimnèsies que és comú a Cabrera i també es troba a l'illa des Conills, però, per alguna raó desconeguda, està absent als altres illots (Altaba 1993). D'aquesta darrera espècie s'han descrit posteriorment dues subespècies endèmiques, la *T. frater ponsi*, i la de l'illot de na Pobra (*T. frater pobrensis*) (Taula II).

Als illots de Cabrera hi trobem dues espècies de llimacs, *Milax gagates* i *Limax majoricensis*. El primer és molt escàs i està citat únicament de l'illa des Conills, encara que és molt comú a la mediterrània. El segon és un endemisme de les Balears trobat, a més de Cabrera Gran, a tres illots, un d'ells tant reduït com es Carabassot (Altaba 1993).

En el cas dels mol·luscs terrestres, sembla haver-hi hagut una important traslocació de mol·luscs terrestres entre Mallorca i Cabrera degut al transport de mercaderies entre les dues illes. Aquestes introduccions han arribat fins al illots més petits on s'hi troben espècies ruderals. Per tant, la fauna malacològica de l'arxipèlag es considera que ha estat molt dinàmica, unes espècies han desaparegut degut a diverses raons (incloses l'antropització de l'arxipèlag) mentre altres s'hi han establert o bé antigament o bé més recentment (Altaba 1993). Avui en dia, la fauna de llimacs i cargols terrestres dels illots és una barreja d'espècies autòctones i introduïdes; donat que representen unitats evolutives, les primeres són les que haurien de rebre més atenció des del punt de vista de la conservació de la biodiversitat.

A l'igual que els coleòpters, els mol·luscs terrestres sofreixen una important depredació per part de les rates. Això, per exemple, ho veiem a l'Imperial, on es troba una baixa densitat de cargols de mida mitjana i un escàs nombre d'adults. Igualment, a l'illa des Conills i a na Redona, els cargols terrestres hi són escassos segurament degut a les altes densitats de rates que hi ha hagut en un passat recent. A na Redona, es va dur a terme una eradicació de les rates a l'any 2008, però pel que hem

pogut veure recentment en dues expedicions a l'illa durant 2018, no sembla que hi hagi hagut una recuperació de les poblacions de cargols. Hi hem trobat només tres espècies (*Iberellus companyonii*, i els introduïts *Theba pisana* i *Eobania vermiculata*) i molt pocs individus de cadascuna.

ISÒPODES

Aquest grup de crustacis terrestres està representat a l'arxipèlag de Cabrera per al menys 16 espècies, la gran majoria amb una àmplia distribució mediterrània o inclús cosmopolita (García i Cruz 1993). Moltes de les espècies d'isòpodes són formes halòfiles o litorals. Les dues espècies més abundants i presents a més illots són *Armadillo officinalis* i *Armadillidium espanyoli*. El primer sol ser recol·lectat sempre davall pedres, encara que no es troba mai aferrat a la seva cara inferior si no en posició volvocional (enrodillada), formant grups d'uns quants individus. Té una dieta detritívora i sovint el trobam associat amb altres espècies d'artròpodes, als restes dels cadàvers dels quals pot consumir de forma habitual (García, 2008). L'únic endemisme gimnèsic és *Ballodillium pilosum*, que trobem a Cabrera Gran i a l'illa des Conills, a part de a Mallorca i Menorca (Pieras i Pons, 2020).

Una altra espècie d'isòpode existent als illots, encara que aquesta s'ha trobat en un llac d'uns 6 m de llarg i 3 m de fondària, de característiques marines, és *Trogloniropsis lloberai*. Aquest endemisme viu a la cova de sa Llumeta, a l'illa des Conills, i a altres de la costa del llevant de Mallorca (Pieras Sagardoy i Pons, aquest volum; i Ginés, aquest volum), no té ulls, és despigmentat i té extremitats molt llargues (Jaume, 1993).

HETERÒPTERS

A l'arxipèlag s'han descrit només 10 espècies dins aquest ordre d'insectes hemimetàbols (amb metamorfosi incompleta) que inclou les xinxes de camp i els bernats. Són insectes amb un aparell bucal picador-xuclador que permet succionar substància vegetal, tot i que també hi ha individus predadors d'altres insectes o bé paràsits hematòfags. Totes les espècies són d'àmplia distribució geogràfica, i totes menys una, *Lampodrema maurum*, trobada exclusivament a l'Imperial, s'han citat a Cabrera Gran. Per altra banda, només s'han citat espècies d'aquest ordre en 4 dels illots, fet que sembla ser degut a l'insuficient mostreig realitzat a l'arxipèlag (Ribes, 1993) i, per tant, és molt probable que el nombre creixi en prospeccions futures.

HIMENÒPTERS

Dins aquest ordre, les espècies citades de l'arxipèlag de Cabrera han estat les formigues, de les quals s'han trobat fins a 10 espècies (Comín, 1988), i representen aproximadament una quarta part de les que hi ha a les Illes Balears. Algunes s'han trobat, de moment, sols als illots: *Creumatogaster auberti* i *Camponotus sicheli* (només a l'illa des Conills) i *Diplorhoptum latro* (sols a l'Estell Xapat). *Leptothorax specularis* és la formiga de més ampla distribució, localitzada en cinc dels illots, seguida per *Messor bouvieri* i *Pheidole palidulla* les quals es troben a tres illots a més de a Cabrera Gran. Na Foradada, na Pobra i l'Estell Xapat presenten sols la meitat de les 6 espècies trobades a Cabrera Gran, mentre que l'illa des Conills conté 4 espècies de formigues. Darrerament, s'han trobat dues espècies d'himenòpters interessants a na Redona: l'abella *Amegilla albigena* i la vespa *Ancistrocerus ebussianus*. La segona sols s'havia citat fins ara d'Eivissa i de Cabrera Gran.

LEPIDÒPTERS

Dels lepidòpters, lamentablement, sols hi ha informació de Cabrera Gran, d'on s'han descrit un total de 55 espècies, 30 d'elles essent papallones diürnes (Cuello Subirana, 1993). El nombre d'espècies de papallones nocturnes segur augmentarà en breu, gràcies a un estudi que es duu a terme en el marc d'un projecte en marxa (Traveset *et al.*, dades no publicades). Serà també interessant conèixer quines espècies arriben als illots. Durant dues campanyes fetes a la primavera i tardor del 2018 a na Redona s'han pogut identificar al menys 25 espècies de lepidòpters nocturns, la majoria

microlepidòpters, encara que també hi hem trobat *Utetheisa pulchella* força abundant sobre les flors d'*Heliotropium curassavicum*, la qual és a la vegada la planta nutrícia de les seves erugues (C. Stefanescu, com. pers.). També hi hem vist papallones diürnes com *Collias croceus*, *Vanessa atalanta* i *Vanessa cardui*.

A part de la fauna invertebrada purament terrestre dels illots de Cabrera, en els cocons formats per l'aigüa de la pluja de dos d'ells (al cocó de na Redona i al cocó de l'Esponja) s'hi ha descrit una espècie de crustaci d'aigüa dolça. Es tracta concretament d'un ostracode de l'ordre Podocopida anomenat *Heterocypris salina*, de distribució euroasiàtica pròpia d'aigües salobres o alcalines també present a Cabrera Gran i en altres illes de les Balears (Jaume 1993). Com hem dit abans, una altra espècie aquàtica d'isòpode trobada concretament a una cova de l'illa des Conills és *Trogloianitropsis lloberai* (Ginés, 2020).

FAUNA DE VERTEBRATS (AL·LÒCTONS) DELS ILLOTS DE CABRERA

La fauna d'auccells i de sargantanes és tractada en detall en dos altres capítols de la present monografia (Carbonell et al., 2020; Pérez-Cembranos et al., 2020) i, per tant, no la tractarem aquí. Ens restringirem a les espècies de vertebrats que han habitat els illots de Cabrera en un passat degut a la seva introducció pels humans; concretament ens referim a quatre espècies que actuen com importants herbívors i que poden arribar a devastar la vegetació dels illots: cabres, ovelles, conills i rates. Aquesta destrucció de la vegetació deguda als herbívors ja va ser constatada per A. Palau (1976) quan va visitar l'arxipèlag de Cabrera al final dels '40 i principi dels '50 del segle XX. Ho expressà d'aquesta manera tan gràfica: "Les illes més grans són ben sovint delmades pel bestiar que hom hi desembarca i hi abandona fins que tingui esgotat l'escàs herbei que creix entre mig dels matolls i a les esclatxes de les roques. És per això que hom troba herbes inaprofitables per a col·leccions, gramínies arranades que difícilment arriben a florir (...). La *Lavatera marítima* de la garriga de na Redona resta reduïda a un petit matoll arrap al sòl o a les roques, d'intricades i gruixades branques, molt curtes perquè el bestiar l'esbrota tan sovint que no li permet la creixença normal".



Figura 4. Individu de *Medicago citrina* a na Redona. Aquesta espècie va ser introduïda en aquest illot al 2002 i s'ha establert exitosament, formant una petita població en la part alta, on hi ha més profunditat de sòl, característica necessària per a que aquesta lleguminosa pugui arrelar bé i resistir els estius calorosos i secs. A part de a na Redona, es troba exclusivament a l'illot de ses Bledes, a l'Estell des Coll i l'Estell de Fora. (Foto: Anna Traveset).

Afortunadament, avui en dia, a prop de 70 anys més tard de les visites de A. Palau, els illots de Cabrera ja no tenen bestiar i la seva vegetació actual és molt diferent. Les *Lavatera maritima* de na Redona són grans, ben desenvolupades i s'omplen de flors a principis de primavera (Fig. 2). No obstant, mai podrem conèixer exactament quina era la composició de la flora dels illots abans de la introducció dels herbívors. És significatiu que al menys dues espècies com *Medicago citrina* (Fig. 4) i *Beta maritima* subsp. *marcosii* només es troben als illots més petits de l'arxipèlag, com són l'Illot de ses Bledes i l'Estell de Fora, on mai s'han introduït ni hi han arribat herbívors.

Sabem que, a part de Cabrera, originalment hi va haver conills (*Oryctolagus cuniculus*) a l'illa que du el seu nom, illa des Conills, i a na Redona, però es desconeix en quines densitats i quina era la seva dinàmica poblacional. Al 2008, en una campanya d'eradicació de rates en aquests illots, varen també ser eliminats els conills (McMinn i Rodríguez 2010). Els conills semblen tenir un paper complementari al de les rates, abundants a Cabrera. Un estudi fet sobre *Medicago citrina* a Cabrera Gran va mostrar que ambdós herbívors tenen un efecte independent sobre diferents etapes del cicle vital de les plantes: les rates actuen com a depredadores de llavors mentre que els conills es mengen les plàntul·les, i el resultat és un augment multiplicatiu de la mortalitat de la planta, a part de que aquesta herbivoria disminueix també la producció de llavors (Latorre *et al.* 2013). Aquest estudi mostrà, doncs, que futures reintroduccions d'aquesta planta a Cabrera Gran ha de considerar mesures per controlar les poblacions d'aquestes dues espècies d'herbívors exòtics o bé mitigar el seu impacte en les etapes primeres del reclutament de la planta (fase de llavor, plàntul·la o juvenil). A part de l'efecte directe que tenen sobre les plantes, aquests herbívors poden influenciar de forma indirecta sobre la planta promovent un augment de l'erosió i una reducció de la fertilitat del sòl (veure revisió a Traveset *et al.* 2009). Així per exemple, a l'illot de s'Espartar d'Eivissa, on recentment es varen eradicar els conills, s'ha constatat un increment molt significatiu de la població de *M. citrina* que fins a les hores només es trobava als penya-segats inaccessibles a aquest rosegador (Rita, Capó i Cursach treball en curs). En un estudi realitzat per Palmer i Pons (2001) en el que es va analitzar la presència o absència de 156 espècies de plantes vascular en 14 illots de Cabrera. Concretament la presència d'una correlació significativa entre la presència de rates i la composició florística de l'illot. Es va trobar que la presència de rates té un efecte negatiu sobre espècies com la *Beta maritima*, *Medicago citrina*, *Lavatera arborea*, *Silene sclerocarpa* o *Suaeda vera*, mentre que sembla afavorir altres plantes com la *Whitania frutescens*, *Olea europaea*, *Ephedra fragilis*, o *Echium parviflorum* (Taula IV a Palmer i Pons 2001); a més, els índex de similitud en la vegetació eren més alts per parells d'illes (les dues amb rates o sense) que per parells on sols una de les illes tenia rates. Altres estudis realitzats a Balears sobre la biologia reproductiva de plantes endèmiques o de distribució restringida a l'oest de la Mediterrània han mostrat un paper important dels rosegadors com a depredadors de llavors, fins i tot poden representar un important coll d'ampolla en el procés de regeneració de la planta. És per exemple el cas de *Rhamnus ludovici-salvatoris* (Traveset *et al.* 2003) o de *Buxus balearica* (Lázaro *et al.* 2006). Altres espècies com *Cneorum tricoccon* o *Paeonia cambessedessi* han mostrat també alts nivells de depredació de llavors (properes a un 50%) per rosegadors, encara que en aquests casos és menys clar que aquests siguin els principals limitants de la regeneració d'aquestes plantes (Traveset, dades no publicades).

Finalment, encara que menys estudiat, sabem que aquests herbívors introduïts pels humans als illots poden també provocar una disrupció en la dispersió de llavors, sigui directament consumint les parts vegetatives o reproductives i disminuint les tasses de dispersió o bé indirectament afectant negativament les poblacions dels dispersors legítims (Traveset i Richardson 2006). Per altra banda, en algunes illes mediterrànies, s'ha trobat que tant les rates com els conills poden arribar a fer de dispersors legítims de plantes exòtiques invasores, com és per exemple el *Carpobrotus* spp., un taxó originari del Sud d'Àfrica, fet que contribueix a que la planta es pugui expandir per les illes (Bourgeois *et al.* 2005). Tenim molt poca informació encara de quines altres plantes exòtiques presents a Cabrera podrien veure's afavorides per la presència de rates, conills i fins i tot ratolins (*Mus musculus*) dels quals encara en sabem menys.

EFFECTE DELS OCELLS MARINS I ALTRES VERTEBRATS SOBRE LA COMPOSICIÓ I EL FUNCIONAMENT DELS ILLOTS

Les aus marines són responsables de l'entrada d'energia des del mar cap als ecosistemes terrestres mitjançant el guano, restes de peix i residus diversos. Aquestes espècies provoquen sovint greus perturbacions físiques (per exemple, erosió del sòl, trepig) i químiques (fertilització del sòl induïda pel guano ric en compostos de fòsfor i nitrogen, deposició de sal) (per exemple, Vidal *et al.* 2000; García *et al.* 2002; Schwamborn i Giarrizzo 2015). Les aus marines es poden considerar, de fet, com a 'enginyeres de l'ecosistema' ja que poden canviar profundament els ecosistemes receptius. Durant la temporada de reproducció, les aus es congreguen a les seves colònies en nombrosos hàbitats terrestres, on hi dipositen restes de peixos ja que s'alimenten exclusivament de recursos marins, closques d'ous, plomes i ocells (Sánchez-Piñero i Polis 2000). A més, grans quantitats de guano ric en nutrients acumulats en colònies de nidificació poden alterar el contingut de nutrients en els sòls i plantes (Anderson i Polis 1999). No obstant això, la concentració extremadament elevada de nutrients transportada per certes espècies d'aus marines pot inhibir l'aparició de plàntul·les en aquests espais. Per tant, a l'hora de predir l'impacte d'aquests ocells a les xarxes alimentàries terrestres, cal considerar la densitat de nidificació i la variació específica de les espècies en el transport de recursos (Ellis *et al.*, 2006).

Els impactes de les aus marines, en general, afavoreixen el 'turnover' (renovació) de les plantes i la selecció de tipus funcionals particulars, com són les plantes ruderals, anuals, cosmopolites o al·lòctones. De fet, l'alta proporció de teròfits a na Redona, per exemple, que arriba a representar el 72,2% de les formes vitals (Bibiloni *et al.*, 1993), s'ha atribuït a l'eutrofització edàfica deguda a la presència de colònies d'aus marines. Una forta eutrofització també existeix a l'illot de ses Bledes degut a la nidificació del virot (*Calonectris diomedea*), la població més important del qual anida sota els exemplars adults de *Medicago citrina* (informe del JBS). En altres illots, l'eutrofització ha causat la substitució de matollars per herbassars nitròfils; això es pot veure, per exemple, en els vessants de l'Imperial, i en algunes zones de l'illa des Conills (així com també a les illes Malgrats a l'est de Mallorca).

Existeix encara ben poc coneixement sobre l'impacte global dels nutrients derivats del mar a les comunitats vegetals i animals terrestres (McCauley *et al.*, 2012). A Balears existeixen sols uns pocs estudis que han examinat la influència que té la fullaraca de *Posidonia oceanica* sobre les comunitats dunars (Del Vecchio *et al.*, 2013, 2017) però tenim nul·la informació sobre com influeix el guano dels ocells marins sobre la biodiversitat terrestre de les zones costeres. Els illots, concretament, són santuaris d'ocells marins i representen escenaris ideals per a estudiar el seu impacte sobre les xarxes tròfiques terrestres. No obstant, degut a les perturbacions humanes (p. ex., la introducció de mamífers depredadors invasors), l'èxit de cria i, per tant, la densitat de nius d'ocells marins es veu molt disminuïda (Hervías *et al.*, 2013). Atès que la densitat de nius i, per tant, les aportacions derivades del mar, es correlaciona positivament –en general, encara que hi ha excepcions– amb la riquesa i l'abundància d'organismes terrestres, és probable que la reducció de les poblacions d'aus marines tingui conseqüències negatives per a les espècies terrestres autòctones que es basen en els nutrients derivats de les primeres per la seva persistència (Sánchez-Piñero i Polis 2000). Per tant, es necessita saber fins a quin punt les xarxes tròfiques terrestres es basen en nutrients derivats del mar per tal de preveure els efectes negatius de la disminució de la població de les aus marines a les espècies natives insulars.

D'altra banda, les aus marines també poden dispersar llavors, especialment les gavines, la qual cosa condueix sovint a la invasió per espècies de plantes cosmopolites i a la disminució de les espècies autòctones. A l'hora d'avaluar l'impacte global de les aus marines a les comunitats vegetals natives, per tant, cal considerar tant el transport de nutrients com la dispersió de llavors. Als illots de Cabrera és comú trobar, per exemple, grans quantitats de llavors regurgitades per gavines (Fig. 5). Algunes d'aquestes llavors arriben des de llargues distàncies, com ens indica el fet de trobar la

mida de les llavors d'olivera, molt més grans que les d'ullastre i que provenen ben segur de la veïna Mallorca. Als illots, les gavines també dispersen moltes llavors de *Pistacia lentiscus*, com s'ha pogut sovint comprovar a l'illa des Conills i a na Redona, per exemple.

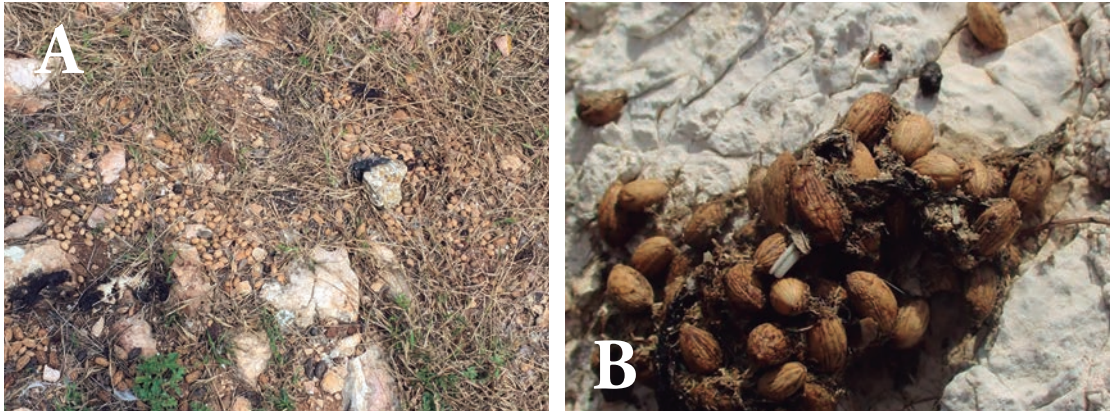


Figura 5. Llavors d' *Olea europea* regurgitades per gavines (*Larus michahellís*). Als illots (en aquest cas na Redona) és molt freqüent trobar egagròpil·les d'aquests ocells marins amb gran quantitat de llavors. La gran mida d'algunes d'elles indiquen que les gavines fins i tot les duen d'oliveres conreades des de Mallorca. (Fotos: Anna Traveset (a) i Sandra Hervías (b))

Com a resposta a l'escassetat d'aliment i espècies mutualistes i degut també al risc de depredació reduït, sol haver-hi un procés d'expansió del nínxol ecològic de les espècies en ecosistemes insulars (Cox i Ricklefs, 1977). És a dir, les espècies insulars sovint experimenten el que s'ha anomenat una "relaxació en les interaccions» (Traveset *et al.*, 2015), promovent l'explotació de noves possibilitats d'interacció. De fet, les illes tenen una gran proporció d'espècies generalistes que mostren interaccions novadores i oportunistes, algunes de les quals han mostrat ser molt importants, no només per a la reproducció i la dispersió vegetal sinó també per a l'estructura de la comunitat vegetal i la biodiversitat en general (Traveset, 1999). La importància de les interaccions mutualistes, en particular, és especialment evident a les illes on la pèrdua de pol·linitzadors o dispersors nadius ha tingut conseqüències demogràfiques i evolutives per a les plantes que depenen d'elles (Traveset *et al.*, 2012). Les interaccions antigues entre espècies també poden prevaler a les illes ja que aquestes han servit com a refugi per a moltes d'elles, ja sigui com a refugi climàtic o com a refugi de la introducció de depredadors (això darrer principalment a les illes o illots deshabitats). Per això, solem trobar interaccions més curioses i estranyes a les illes que a la terra ferma (per exemple, la pol·linització per sargantanes o llagardaixos).

A les illes mediterrànies encara hi ha poca informació sobre les interaccions mutualistes de vertebrats i vegetals, tot i que aquest tema ha rebut una atenció creixent durant les dues últimes dècades. De fet, la majoria de les dades disponibles provenen de les Illes Balears, on s'ha estudiat la interacció entre plantes endèmiques, o de distribució limitada, i sargantanes a diferents illes. Estudiant aquesta interacció en l'arbust *Euphorbia dendroides* a l'illa de Cabrera, Traveset i Sáez (1997) van ser les primeres en demostrar empíricament que les sargantanes poden actuar efectivament com a pol·linitzadors, sent encara més important (almenys quantitativament) que els insectes. Les sargantanes visiten un gran nombre de plantes amb flors a Balears (Sáez i Traveset, 1995) i aquest paper en la pol·linització ha estat documentat en altres espècies de plantes (Pérez-Mellado i Traveset, 1999; Celedón-Neghme *et al.*, 2016; Fuster i Traveset, 2018, 2019) (Fig. 6). Darrerament, s'ha pogut constatar a na Redona que les sargantanes també visiten moltes flors de *Lavatera maritima* (i a Cabrera Gran la *Lavatera arborea*), de *Withania frutescens*, i del mateix reintroduït *Medicago citrina* (Fig. 4), encara que no sabem fins a quin punt contribueixen al seu èxit reproductiu (treball en marxa).



Figura 6. La sargantana balear, *Podarcis lilfordi*, visita les flors i fa de pol·linitzadora efectiva d'un bon nombre de plantes. Sobre les flors de (a) *Ephedra fragilis*, (b) *Withania frutescens*, i (c) *Cneorum tricoccon*. (Fotos: Anna Traveset (a i b) i Francisco Fuster (c))

Diverses espècies d'ocells també han estat documentades com a efectives pol·linitzadores d'una bona colla de plantes a les illes. Aquestes espècies solen ser oportunistes, alimentant-se al continent d'insectes i/o llavors, mentre que a les illes inclouen també recursos florals dins la seva dieta. A l'illa de Ventotene (Itàlia) i a la d'Antikythira (Grècia), un estudi va mostrar que el nèctar –bona font d'aigua i energia- d'algunes espècies pot ser un recurs alimentari important per als migrants, especialment pels busquerets (*Sylvia* spp.) però també pels ull de bou (*Phylloscopus* spp.) (Cecere *et al.* 2011). A l'arxipèlag de Cabrera s'hi han fet diverses observacions de busquerets i d'ulls de bou, precisament, sobre espècies com són la *Ferula communis*, *Lavatera maritima*, o *Lavatera arborea* (Fig. 7). La seva importància com a pol·linitzadors d'aquestes plantes respecte a la d'altres taxons (insectes o sargantanes) és encara desconeguda però donada l'alta freqüència d'interaccions, és probablement força rellevant (estudi en marxa).



Figura 7. Les flors de la *Lavatera arborea* són sobretot pol·linitzades per ocells a Cabrera, en anar a menjar el nèctar, s'omplen les plomes de gran quantitat de grans de pol·len que van transferint de flor en flor. (a) *Phylloscopus trochilus*; (b) *Sylvia cantillans*. (Fotos: Ruben H. Heleno.)

Una altra peculiaritat que es dona a illes i a illots és el fenomen dels ‘mutualismes dobles’, on la mateixa espècie animal fa tant de pol·linitzador com de dispersor de llavors de la mateixa espècie de planta. En l’arxipèlag de Cabrera tenim al menys tres casos d’aquest fenomen: el de la ginesta borda (*Ephedra fragilis*) (Fuster *et al.*, 2018), el de l’escanyacabres (*Cneorum tricoccon*) (Fuster *et al.*, 2019) i el de la bufera arbustiva *Withania frutescens* (Traveset *et al.*, dades no publicades) espècies beneficiades per les sargantanes doblement, ja que mouen el pol·len entre flors i dispersen les llavors de forma efectiva en llocs on poden germinar.

Encara una altra curiositat que s’ha documentat en illots de Balears, concretament a l’illa de l’Aire, al sud-est de Menorca (però que també existeix a Cabrera) és la de la interacció entre la sargantana balear (*Podarcis lilfordi*) i la rapa pudenta, *Helicodicerus muscivorus* (Pérez-Mellado *et al.*, 2000), que té una altíssima densitat en aquest illot (30.000 indiv./ha). La densitat de sargantanes també és molt elevada, i durant el període de floració de la planta, s’alimenten en inflorescències obertes capturant mosques quan surten o atrapades a dins de la inflorescència d’aquesta planta. Malgrat no semblen tenir un paper molt important com a pol·linitzadors eficaços d’aquesta planta, sí que s’alimenten dels fruits i actuen com a dispersors legítims de les llavors (Pérez-Mellado *et al.*, 2000). Seria sens dubte interessant saber si el benefici de la dispersió de llavors compensa l’efecte potencialment perjudicial que les sargantanes tenen al depredar sobre les mosques pol·linitzadores.

La majoria de les espècies frugívores són aus, tot i que les sargantanes també tenen un paper important com a dispersores d’un bon nombre d’espècies vegetals a moltes illes del món, i les Illes Balears no són una excepció. Una bona colla d’estudis ha mostrat el paper d’aquesta dispersió per a la regeneració de diferents espècies vegetals, com per exemple, *R. ludovici-salvatoris*, *Phillyrea* spp., *Cneorum tricoccon*, o *Daphne rodriguezii* (Sáez i Traveset, 1995; Pérez-Mellado i Traveset, 1999; Rodríguez-Pérez *et al.*, 2007). En alguns períodes de l’any, els fruits poden, fins i tot, representar l’element més important en la dieta de les sargantanes segons l’elevat nombre de llavors que es troben en els seus excrements. A vegades, la interacció entre la sargantana i la planta és «única», ja que no existeixen dispersors nadius per a la planta. Per tant, la limitació de dispersió en espècies dispersades per sargantanes es pot trobar a zones o illes on aquestes han disminuït dràsticament o fins i tot s’han extingit. Per contra, les espècies ornitòcores (espècies dispersades per ocells) estudiades fins ara no han mostrat estar limitades per la dispersió de llavors, i els colls d’ampolla en el seu cicle reproductiu solen tenir lloc en altres fases (per exemple, Gulías *et al.*, 2004; Traveset *et al.*, 2003).

REFUGIS O SANTUARIS DE BIODIVERSITAT QUE CAL CONSERVAR

Molts illots es poden considerar santuaris de biodiversitat, ja que moltes espècies i interaccions només poden sobreviure en aquests llocs. Això es degut a que els illots tendeixen a patir menys perturbacions antropògenes que les illes més grans. Aquests illots podrien ser considerats dipòsits potencials per a futures translocacions i reintroduccions d’espècies localment extingides a illes veïnes més grans i més pobres, i funcionar com a refugis segurs i efectius d’interaccions vulnerables.

Una creixent evidència també confirma que no és en la disminució de la diversitat d’espècies *per se* que els científics, conservacionistes i responsables de la restauració haurien d’estar més preocupats, sinó en l’extinció de les interaccions entre organismes que existeixen als ecosistemes (Valiente-Banuet *et al.*, 2015). De fet, les illes solen actuar com a refugi d’interaccions ecològiques i evolutives que poden haver desaparegut a la part continental a causa d’una major pressió natural (és a dir, competidors, depredadors). Algunes d’aquestes interaccions fins i tot poden sobreviure només a illots, sense depredadors vertebrats exòtics ni herbívors –entre altres pertorbacions generalment presents a illes més grans. Donada la ràpida ocupació humana i l’expansió de l’activitat antropogènica, com ara la urbanització, el turisme, les pràctiques agrícoles i les espècies introduïdes a moltes illes grans, sembla lògic esperar que moltes espècies amenaçades i interaccions només trobin refugi en illots menors que no han sofert tal pertorbació, tal com s’ha informat d’alguns illots de l’arxipèlag Balear (Traveset i Riera, 2005).

REFERÈNCIES

- Altaba, C.R. 1993. Els caragols i llimacs terrestres (Mollusca: Gastropoda). En: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.), Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 409-426. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Anderson, W. B. i Polis, G. A. 1999. Nutrient fluxes from water to land: seabirds affect plant nutrient status on Gulf of California islands. *Oecologia*, 118: 324-332.
- Bibiloni, G., Alomar, G. i Rita, J. 1993. Flora vascular dels illots i addicions a la flora de Cabrera Gran. En: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.), Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 179-206. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Bourgeois K, Suehs CM, Vidal, E. 2005. Invasional meltdown potential: facilitation between introduced plants and mammals on French Mediterranean islands. *Ecoscience*, 12: 248-256.
- Carbonell M., Mayol J., Muntaner J., Rebassa M. (2020). Què ha canviat i què hem après en el segle XXI de les aus de Cabrera. In: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 30: 665-695 ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears).
- Cecere, J.G., Cornara, L., Spina, F., Imperio, S. I Boitani, L. 2011. Birds outnumber insects in visiting Brassica flowers on Ventotene Island (Central Mediterranean). *Vie et milieu - life and environment*, 61: 145-150.
- Celedón-Neghme, C., Santamaria, L. i González-Teuber, M. 2016. The role of pollination drops in animal pollination in the Mediterranean gymnosperm *Ephedra fragilis* (Gnetales). *Plant Ecol.*, 217: 1545-1552.
- Cheylan, G. 1986. Facteurs historiques, écologiques et génétiques de l'évolution de populations méditerranéennes de *Rattus rattus* (L.). Discussion des modèles de spéciation. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier.
- Comín, P.M. 1988. Estudio de los Formícidos de Baleares. Contribución al estudio taxonómico, geográfico y bioecológico. Tesis Doctoral, U. Illes Balears.
- Cox, G.W. i Ricklefs, R.E. 1977. Species Diversity and Ecological Release in Caribbean Land Bird Faunas. *Oikos*, 28: 113-122.
- Cuello Subirana, J. 1993. Lepidòpters. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 365-376. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Cuerda, J. 1993. Nota sobre el Quaternari. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 117-130. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Del Vecchio, S., Jucker, T., Carboni, M. i Acosta, A. T. 2017. Linking plant communities on land and at sea: The effects of *Posidonia oceanica* wrack on the structure of dune vegetation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 184: 30-36.
- Del Vecchio, S., Marbà, N., Acosta, A., Vignolo, C. i Traveset, A. 2013. Effects of *Posidonia oceanica* beach-cast on germination, growth and nutrient uptake of coastal dune plants. *PLoS One*, 8: e70607.
- Ellis, J. C., Fariña, J. M. i Witman, J. D. 200. Nutrient transfer from sea to land: the case of gulls and cormorants in the Gulf of Maine. *Journal of Animal Ecology*, 75: 565-574.
- Fuster, F. and Traveset, A. (2018) Global patterns of the double mutualism phenomenon. *Ecography* 42:1-10.
- Fuster, F. and Traveset, A. 2019. Evidence for a double mutualistic interaction between a lizard and a Mediterranean gymnosperm, *Ephedra fragilis*. *AoB PLANTS*, 11: plz001; doi: 10.1093/aobpla/plz001
- García Ll. i Cruz, A. 1993. Els Isòpodes terretres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 323-332. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- García LV, Maraón T, Ojeda F, Clemente L i Redondo R. 2002. Seagull influence on soil properties, chenopod shrub distribution, and leaf nutrient status in semi-arid Mediterranean islands. *Oikos*, 98: 75-86.
- García, Ll. 2008. Els isòpodes terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) del Parc Natural de l'illa de sa Dragonera (Illes Balears, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 203-224
- Ginés, A. (2020). Els ecosistemes subterranis del subarxipèlag de Cabrera. In: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 30: 697-708 ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears)
- Ginés J, and Gómez-Pujol LL. (2020). Fisiografia i geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera Grau in: AM, Fornós JJ, Mateu G, Oliver PA, Terrasa B (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30: 17-42. ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears)
- Gulías, J., Traveset, A., Mus, M. i Riera, N. 2004. Critical stages in the recruitment process of *Rhamnus alaternus* L. *Annals of Botany*, 93: 723-731
- Hervías, S., Henriques, A., Oliveira, N., Pipa, T., Cowen, H., Ramos, J. A., Ybáñez R. R. i Opperl, S. 2013. Studying the effects of multiple invasive mammals on Cory's shearwater nest survival. *Biological invasions*, 15: 143-155.
- Humphries, C.J. 1979. Endemism and Evolution in Macaronesia. En: Plant and Island. Ed. D. Bramwell, Academic Press, London.
- Jardí Botànic de Sóller 2003. Memoria del Plan de Introducció de *Medicago citrina* en el islote de Na Redona. 13 pp.
- Jaume, D. 1993 Fauna carcinològica de les aigües continentals. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. Mon. Soc. Hist. Nat. Balear, 2: 309-322. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Johnson, M.P. i Raven, P.H. 1970. Natural regulation of plant species diversity. *Evol. Biol.* 4: 127-162.
- Latorre, L., Larrinaga, A. i Santamaría, L. 2013. Combined impact of multiple exotic herbivores on different life stages

- of an endangered plant endemism, *Medicago citrina*. *J. Ecol.*, 101: 107-117.
- Lázaro A, Traveset A, Castillo, A. 2006. Spatial concordance at a regional scale in the regeneration process of a circum-Mediterranean relict (*Buxus balearica*): connecting seed dispersal to seedling establishment. *Ecography*, 29: 1-14.
- Lomolino, M.V., Weiser, M. D. 2001. Towards a more general species-area relationship: diversity on all islands, great and small. *J. Biogeography*, 28: 431-445
- McArthur, R.H. i Willson, E.O. 1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton Univ. Press.
- McCauley, D. J., DeSalles, P. A., Young, H. S., Dunbar, R. B., Dirzo, R., Mills, M. M. i Micheli, F. 2012. From wing to wing: the persistence of long ecological interaction chains in less-disturbed ecosystems. *Scientific reports*, 2: 409.
- McMinn, M. i Rodríguez, A. 2010. Islas, ratas y aves: historias de éxitos y fracasos. Seminari Espècies introduïdes de Balears, 115-126.
- Médail, F. 2017. The specific vulnerability of plant biodiversity and vegetation on Mediterranean islands in the face of global change. *Reg Environ Change* 17:1775-1790.
- Oromí, P. 1982. Los tenebriónidos de las islas Canarias. *Instituto de Estudios Canarios* (50 aniversario): 267-292.
- Palau, P.C. 1976. Catàleg de la flòrula de l'illa de Cabrera i dels illots que l'envolten. *Treb. Inst. Cat. Hist. Na*, 7: 5-103.
- Palmer, M. i Pons. G.X. 1996. Diversity in Western Mediterranean islets: effects of rat presence on a beetle guild. *Acta Oecologia*, 17: 297-305.
- Palmer, M. i Petitpierre, E. 1993. Els coleòpters de Cabrera: llista faunística i perspectives d'estudi. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears* 2: 383-407. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Palmer, M. i Pons, G.X. 2001. Predicting rat presence on small islands. *Ecography*, 24: 121-126.
- Panitsa, M., Tzanoudakis, D., Triantis, K.A. i Sfenthourakis, S. 2006. Patterns of species richness on very small islands: the plants of the Aegean archipelago. *J. Biogeography*, 33: 1223-1234.
- Pérez-Cembranos, A., Pérez-Mellado, V., Terrasa, B., Alemany, I., Bassitta, M. i Ramon, C. (2020). La sargantana Balear: un experiment evolutiu. In: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 635-662 ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears).
- Pérez-Mellado, V. i Traveset, A. 1999. Interactions between Mediterranean lizards and plants. *Natura Croatica*, 8: 275-285.
- Pérez-Mellado, V., Cortázar, G., López-Vicente, M., Perera, A. i Sillero, N. 2000. Interactions between the Balearic lizard *Podarcis lilfordi* and the plant *Dracunculus muscivorus*. *Amphibia-Reptilia*, 21: 223-226.
- Pérez-Mellado, V. et al. 2008. Population density in *Podarcis lilfordi* (Squamata, Lacertidae), a lizard species endemic to small islets in the Balearic Islands (Spain). - *Amphibia-Reptilia*, 29: 49-60.
- Pieras J. i Pons G.X. 2020. Els endemismes invertebrats terrestres de l'arxipèlag de Cabrera. In: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 591-633 ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears).
- Pons, G.X. 1993. Estudi preliminar sobre la fauna d'aranèids (Arachnida, Araneae). En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 333-350. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1996. Fauna endèmica de les Illes Balears. COPOT-IEAIB, Palma de Mallorca.
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1999. Invertebrats endèmics i illes: (Tenebrionidae i Araneae) introduccions i extincions als illots de Cabrera (Illes Balears). *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears* 6 / *Mon. Inst. Est. Bal.* 66: 105-122.
- Pons, G.X. i Rambla, M. 1993. Estudi preliminar sobre la fauna d'aranèids (Arachnida, Araneae). En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 351-354. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Ribes, J. 1993. Els heteròpters. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balear*, 2: 351-354. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Rita, J., Ballesteros, E., Ginés, A., McMinn, M. i Pérez-Mellado, V. (2016) *Tejiendo Naturaleza: El Archipiélago de Cabrera, lugar de encuentro y armonía entre la Gea, la Fauna y la Flora*. En Robledo P.A. (Ed). *El Parque nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*, pp 203-231. Ed. Instituto Geológico y Minero de España y Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid.
- Rita, J. i Bibiloni, G. 2013. The flora of the islets of the Balearic islands. En E. Cardona et al. (eds.). *Islands and plants: preservation and understanding of flora on Mediterranean islands*, pp:309-322. Col·lecció Recerca 20. Ed. Institut Menorquí d'Estudis. Maó
- Rita, J., Ruiz, M., Bibiloni G. i Traveset A. (2020) Canvis de la vegetació de l'illa de Cabrera al llarg del temps. In Ginés J, and Gómez-Pujol LL. (2020). *Fisiografia i geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera* Grau in: AM, Fornós JJ, Mateu G, Oliver PA, Terrasa B (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30: 493-511. ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears).
- Rodríguez-Pérez, J. i Traveset, A. 2007. A multi-scale approach in the study of plant regeneration: Finding bottlenecks is not enough. *Perspectives in Plant Ecology and Evolution*, 9: 1-13.
- Sáez, E. i Traveset, A. 1995. Fruit and nectar feeding by *Podarcis lilfordi* (Lacertidae) on Cabrera Island (Balearic Archipelago). *Herpetological Review*, 26: 121-123.
- Sanchez-Piñero, F. i Polis, G. A. 2000. Bottom-up dynamics of allochthonous input: direct and indirect effects of seabirds on islands. *Ecology*, 81: 3117-3132.

- Schwamborn R. i Giarrizzo T. 2015. Stable Isotope Discrimination by Consumers in a Tropical Mangrove Food Web: How Important Are Variations in C/N Ratio? *Estuaries and Coasts*, 38: 813-825.
- Seguí J., Rita J., Traveset A. (2020). Les plantes destacables de l'arxipèlag de Cabrera *in*: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 30: 577-589 ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears).
- Servera, J. 1993. Generalitats fisiogràfiques. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J. A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 25-32. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma.
- Sfenthourakis, S. i Triantis, K.A. 2009. Habitat diversity, ecological requirements of species and the Small Island Effect. *Diversity and Distributions* 15:131 – 140.
- Traveset A. (1993) Relacions entre plantes i animals. En: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. Eds. Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 473-485. Ed. CSIC i Ed. Moll. Palma
- Traveset, A. 1999. La importancia de los mutualismos para la conservación de la biodiversidad, con ejemplos de las Islas Baleares (Mediterráneo Occidental). *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 527- 538.
- Traveset, A. i Sáez, E. 1997. Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia*, 111: 241- 248.
- Traveset A, Gulías J, Riera N et al 2003. Transition probabilities from pollination to establishment in a rare dioecious shrub species (*Rhamnus ludovici-salvatoris*) in two habitats. *J. Ecol.*, 91:427-437.
- Traveset, A. i Riera, N. 2005. Disruption of a plant-lizard seed dispersal system and its ecological effects on a threatened endemic plant in the Balearic Islands. *Conservation Biology*, 19, 421-431.
- Traveset, A i Richardson, D.M. (2006) Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends Ecol. & Evol.*, 21:208-216.
- Traveset , A., Nogales, M., Alcover, J.A., Delgado, J.D., López-Darias, M., Godoy, D., Igual, J.M. i Bover, P. 2009. A review on the effects of alien rodents in the Balearic (Western Mediterranean Sea) and Canary Islands (Eastern Atlantic Ocean). *Biological Invasions*, 11:1653-1670.
- Traveset, A., González-Varo, J.P., Valido, A. 2012. Long-term demographic consequences of a seed dispersal disruption. *Proceedings of the Royal Society B*, 279: 3298-3303.
- Traveset, A., Olesen, J.M., Nogales, M., Vargas, P., Jaramillo, P., Antolín, E., Trigo, M. and Heleno, R. 2015. Bird-flower visitation networks in the Galápagos unveil a widespread interaction release. *Nature Communications*, 6: 6376.
- Traveset, A. i Navarro, L. 2017. Plant reproductive ecology and evolution in the Mediterranean islands: state of the art. *Plant Biology*, 20: 63-77.
- Valiente-Banuet, A., Aizen, M. A., Alcántara, J. M., Arroyo, J., Cocucci, A., Galetti, M., Traveset, A... i Medel, R. (2015). Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, 29: 299-307.
- Vidal, E., Médail, F., Taton, T., Bonnet, V. 2000. Seabirds drive plant species turnover on small Mediterranean islands at the expense of native taxa. *Oecologia*, 122: 427-434.
- Vigne, J.D. (ed.) 1997. Îles, vivre entre ciel et mer. Muséum National d'Histoire Naturelle. 127 pp. Paris

ELS MIXOMICETS I LA FUNGA DEL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Joan C. Salom

Josep L. Siquier

Interdisciplinary Ecology Group
Universitat de les Illes Balears, España)

joancarles.salom@gmail.com

pepemycete@hotmail.com

Salom, J.C. i Siquier, J.L. (2020). Els Mixomicets i la Funga del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Es recull tota la bibliografia que hi ha fins a l'actualitat dels mixomicets i la funga del parc nacional de l'arxipèlag de Cabrera. S'anomenen algunes espècies segons la seva funció ecològica dins el Parc i es remarquen les característiques morfològiques (macro i microscòpiques) o ecològiques diferenciadores. A més, s'aporten dades de comestibilitat i toxicitat dels bolets de l'Arxipèlag i s'inclou el catàleg actualitzat de tots els tàxons presents

Paraules clau: *Mixomicets, funga, funció ecològica, comestibilitat, toxicitat, Parc Natural, Arxipèlag de Cabrera, catàleg*

ABSTRACT

The entire bibliography of the Myxomycetes and Funga of the National Park of the Cabrera archipelago is collected. Some species are called according to their ecological function within the Park and the morphological (macro and microscopic) or ecological differentiating features are emphasized. In addition, edibility and toxicity data are provided for the archipelago mushrooms, and an updated catalog of all taxa present is included.

Key words: *Myxomycetes, Funga, ecological function, edibility, toxicity, Natural Park, Cabrera archipelago, catalog*

INTRODUCCIÓ

Els primers estudis referits a la funga del parc nacional de Cabrera es remunten als anys 90, on després de dues campanyes a Cabrera Gran se cataloguen un total de 98 tàxons (Siquier i Lillo 1994, 1996). Aquest primer catàleg es completa amb altres citacions puntuals posteriors a diversos treballs, tots recopilats a Siquier i Salom (2013), dels quals cal destacar Telleria *et al.* (1997), que recull les espècies d'afil·loforals trobades a l'Arxipèlag. Posteriorment a Fiol (2013) se citen algunes espècies de fongs no liquenitzats i liquenícoles i a Lado i Siquier (2014) es cataloguen 24 tàxons més de mixomicets.

En l'actualitat el catàleg de fongs i mixomicets de l'Arxipèlag de Cabrera el componen 141 tàxons (annex 1), tots citats a Cabrera Gran, excepte *Tubulicrinis gracillimus*, corticiaci que es va recol·lectar de l'illa de na Redona.

Aquesta gran biodiversitat confirma l'important paper que desenvolupen aquests organismes als ecosistemes terrestres del parc nacional ja sigui actuant com a saporífits, paràsits o simbiotes.

ELS MIXOMICETS

Els mixomicets, també coneguts com fongs mucilaginosos plasmodials, actualment es consideren protists relacionats amb les amebes. Però el fet de reproduir-se per espores, ha fet que des de sempre hagin estat estudiats pels micòlegs.

A l'arxipèlag de Cabrera, després de les primeres pluges de tardor, les mixamebes que viuen aïllades pels diferents substrats nodrint-se de llevats, bacteris o altres fongs, es reuneixen per formar els plasmodis (Fig.7). Aquestes estructures mucilaginoses posteriorment formaran els diferents esporòfors o cossos fructífers. Els mixomicets, segons l'espècie, poden formar quatre tipus diferents de esporòfors a partir del plasmodi: els esporocarps o esporangis (figs. 1,3, 4 i 5) que surten reunits en grups sobre els substrats i es caracteritzen per presentar un peu o estípit que els hi dóna suport (el qual potser molt rudimentari) i uns filaments estèrils anomenats capil·licis que suporten les espores (Fig. 2); els plasmodiocarps (Fig. 8) que es formen directament del plasmodi; els pseudoetalis que formen masses d'esporocarps individuals molts junts que pareix que formen un sol cos fructífer però que mai es fusionen i els etalis (figs. 6 i 7), en forma de bonys, coixinets o semiesfèrics recoberts per una crosta o peridi. Dins tots aquests cossos fructífers maduraran les espores que seran dispersades pel vent, i d'elles sorgiran les mixamebes, tancant així el cycle vital d'aquests organismes.

A les garrigues del Parc sobre la fullaraca, escorces, branques o socons dels arbres o arbusts, podem trobar si s'utilitza una lupa o a ull nuu, pel de mides més grans, els cossos fructífers dels mixomicets. S'han citat diferents espècies d'*Arcyria* (Fig. 1) les quals les reconeixem al microscopi per presentar capil·licis d'anellats a reticulats-espinosos (Fig. 2). Altres espècies que formen esporocarps de mides petites i agrupats sobre el substrat on fructifiquen són *Cribaria spp.*, *Badhamia spp.* (Fig. 3), *Comatricha spp.*, *Hemitrichia minor*, *Physarum spp.*, *Stemonitopsis typhina*, *Trichia lutescens* i *Diderma spumarioides* o els comuns *Leocarpus fragilis* (Fig. 4) i *Stemonitis splendens* (Fig. 5).

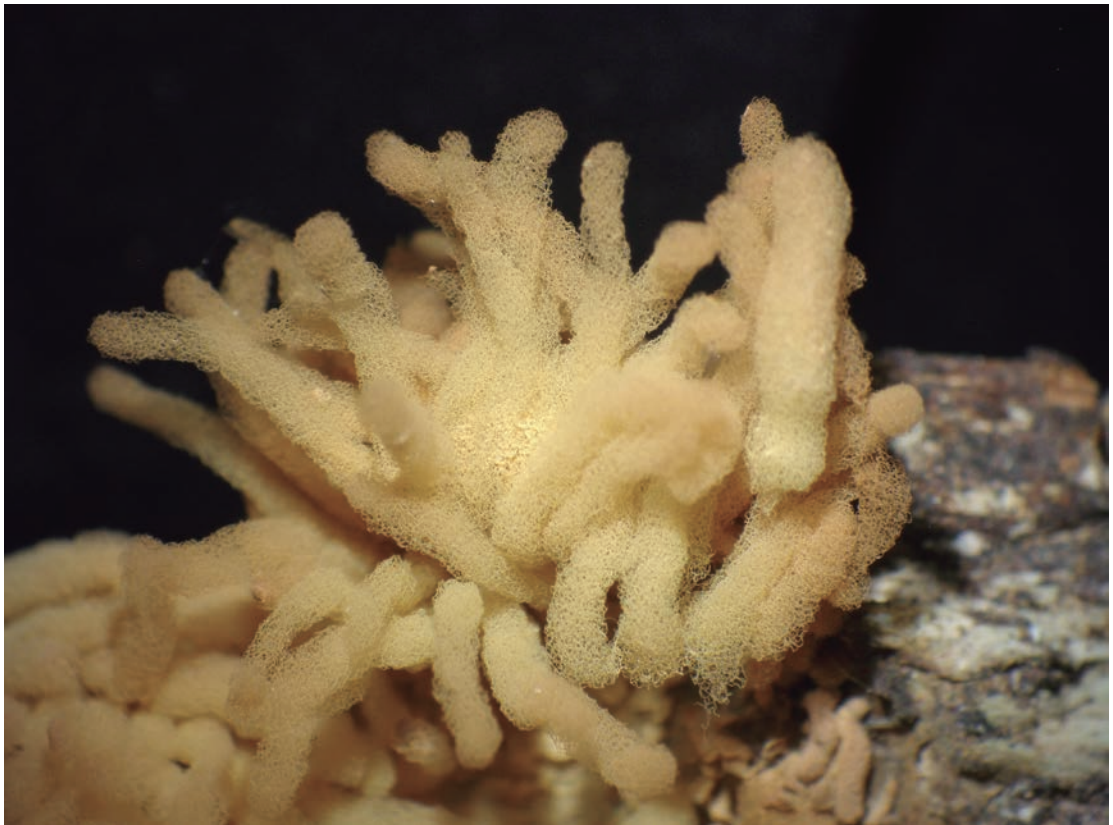


Figura 8. Esporocarps d'*Arcyria obvelata*.

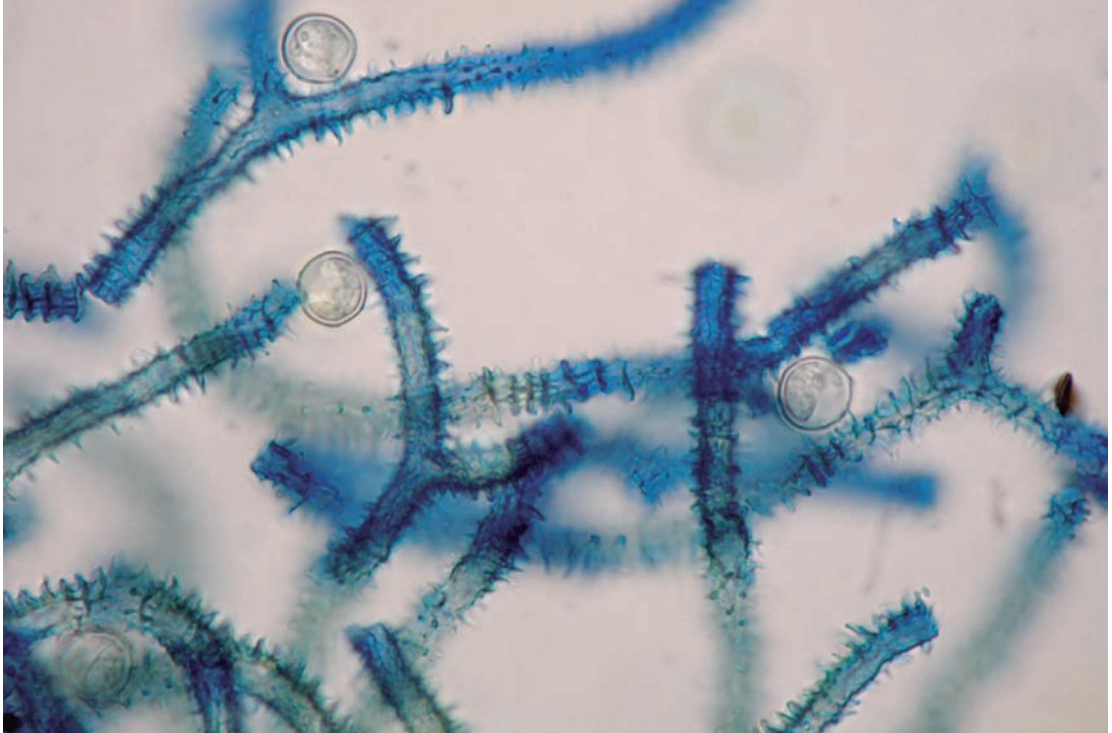


Figura 9. Espores i capil·lics reticulat-espinosos d'*Arcyria obvelata*.



Figura 10. Esporocarps de *Badhamia foliicola*.



Figura 11. Esporocarps de *Leocarpus fragilis*.

Mixomicets de mida més gran són els que formen pseudoetalis i etalis. A Cabrera s'han trobat els pseudoetalis de *Symphytocarpus impexus* i, també, els etalis de *Lycogala epidendrum* (Fig. 6), que formen coixinets de color rosat-ataronjat que esdevenen púrpura quan maduren les espores i sempre solen fructificar sobre socons de pi en descomposició, o els de *Mucilago crustacea* (Fig. 7), de colors blancs o grogosos, que s'assemblen a un tros de porexpan, que solen formar-se sobre la fullaraca o sobre l'herba als llocs més nitrificats, i que quan les fregam, hi trobam per sota la massa esporal pulverulenta i negrosa.



Figura 12. Esporocarps d'*Stemonitis splendens*.



Figura 13. Etalis de *Lycogala epidendron*.



Figura 14. Plasmodi i etalis formant-se de *Mucilago crustacea*.

També a Cabrera Gran s'han trobat plasmodiocarps de *Ceratomyxa fruticulosa* (Fig. 8), que formen una massa densa de petites banyetes semitransparents, blanquinoses, individuals i eriçades, que poden ramificar-se o fusionar-se i sobre les quals es formen les espores.



Figura 15. Plasmodiocarps de *Ceratomyxa fruticulosa*.

LA FUNGA

Els fongs sapròfits són els encarregats, juntament amb els bacteris, de descompondre la matèria orgànica (restes vegetals, excrements...) transformant-la en humus, que pot ser assimilada per la vegetació com a font de nutrients. Cal esmentar que, mentre els bacteris i altres insectes, com

els tèrmits, només poden degradar la cel·lulosa, els fongs són els únics organismes que també poden degradar la lignina (la part més dura de la fusta). Aquesta característica fa que tinguin un paper essencial com a descomponedors i que permetin una recirculació ràpida de nutrients dins els ecosistemes terrestres del Parc Nacional.

A les platges i cales de l'Arxipèlag on s'acumulen restes de posidònia, sobre els rizomes morts i rentats per la pluja, hi podem trobar *Halotthia posidoniae* (Fig. 9). Aquest fong forma peritecis en forma de pústules negres, amb un ostíol al centre que és per on es dispersen les espores (Fig. 10), les quals són el·lipsoidals i segmentades per un septe (fragmòspores).



Figura 16. Peritecis d'*Halotthia posidoniae*.



Figura 17. Fragmòspores d'*Halotthia posidoniae*.

Al Parc hi ha catalogats fins a l'actualitat set espècies de xampinyons, uns més propis de garrigues com: *Agaricus sylvicola*, *A. sylvaticus*, *A. brunneolus* (Fig. 11) i *A. arvensis*, i altres, amb certa afinitat per la nitrofilia, fructifiquen a llocs herbosos i voreres de camins: *A. xanthodermus*, *A. pseudopraticensis* i *A. bitorquis* (Fig. 12).



Figura 18. *Agaricus brunneolus*.



Figura 19. *Agaricus bitorquis*.

Sobre restes vegetals s'han catalogat espècies que degraden la fullaraca com: *Mycena pura* (Fig. 13), *Gymnopus dryophilus*, *Clitopilus geminus*, *Lepista sordida* (blaveta), *Volvariella murinella*, *Entoloma hirtipes* o *Marasmius wynneae* (Fig. 14). Altres bolets més específics del substrat on fructifiquen, són *Mycena galopus*, que la podem trobar sobre les tiges mortes i humides del càrritx, o *Mycena seynesii*, que només creix sobre les pinyes de pi en descomposició. N'hi ha que fructifiquen sobre les branques dels arbres i els arbusts com: *Lentinellus micheneri*, *Cerrioporus meridionalis* (Fig. 15), *Pluteus nanus*, *P. romellii* i *Tapinella panuoides* (gírgola de pi). Altres, com *Xylaria hypoxylon*, formen cossos fructífers en forma de banyetes negres, coriàcies, amb els àpexs blancs, que poden bifurcar-se o ramificar-se. *Crepidotus variabilis*, presenta bolets sèssils, en forma de copinya, blancs i que creixen sempre resupinats (amb l'himeni laminar mirant cap a dalt). *Dacrymyces stillatus*, fructifica amb basidiomes gelatinosos, groguencs i *Pithya cupressina* (Fig. 16), forma petits apotecis en forma de discs grocs-ataronjats sobre les branquetes caigudes de sabina i les seves ascòspores són esfèriques (Fig. 17).



Figura 20. *Mycena pura*.



Figura 21. *Marasmius wynneae*.



Figura 22. *Cerioporus meridionalis*.



Figura 23. Apotecis de *Pithya cupressina*.



Figura 24. Ascs i ascòspores de *Pithya cupressina*.

A causa de la presència històrica d'animals domèstics a Cabrera Gran hi ha catalogades fins a nou espècies copròfiles i/o fimícoles al Parc Nacional. Aquests fongs són oportunistes i s'han adaptat a fructificar sobre les femtes i excrements dels animals tant d'herbívors com de carnívors, així com als llocs molt adobats.

Sobre o entre les buïnes d'èquids, s'han trobat els apotecis de *Cheilymenia theleboloïdes*, *Peziza vesiculosa* i *Neottiella rutilans* i els bolets de *Protostropharia semiglobata*, *Panaeolus papilionaceus*, *Coprinus comatus* (bolet de tinta) i *Deconica coprophila* (Fig. 18) que presenta espores hexagonals amb un porus germinatiu evident (Fig. 19). Sobre excrements de moix *Stilbella fimetaria* i de porc *Coprinellus ephemerus*.

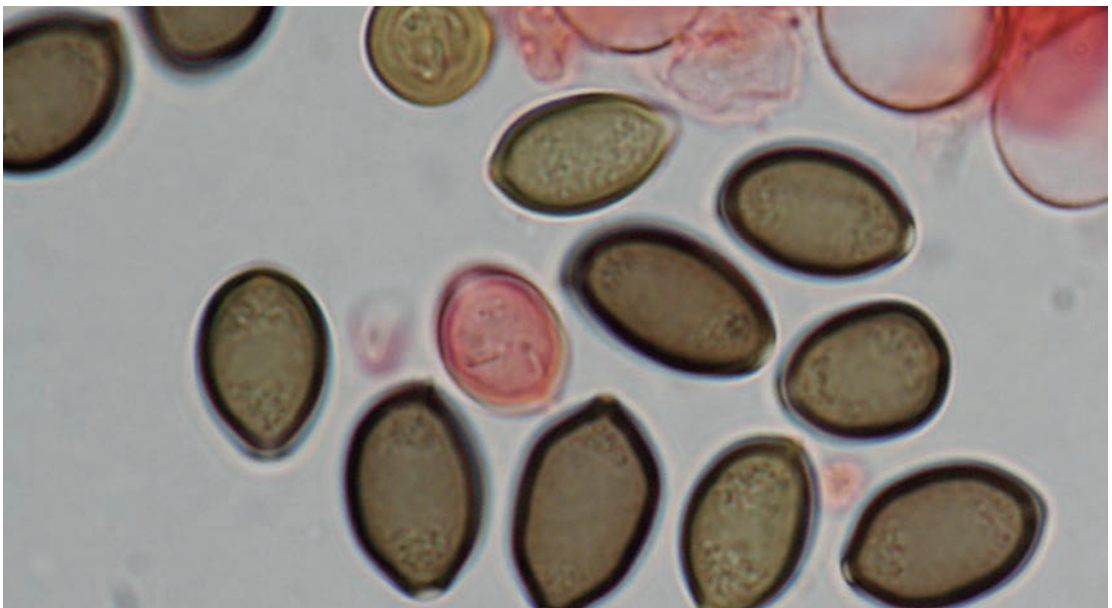


Figura 25. *Deconica coprophila*.



Figura 26. Espores de *Deconica coprophila*.

Els fongs paràsits són aquells que viuen sobre els éssers vius i els causen malalties. Al Parc Nacional aquests fongs ataquen als arbres i arbusts més vells o dèbils, els produeixen podridures i els acaben matant. Per tant la seva funció és important ja que ajuden a que els sistemes forestals es regenerin. Així els arbres i arbusts una vegada morts, deixaran espai disponible perquè hi creixin nous individus més sans i vigorosos.

Moltes espècies de fongs paràsits també poden actuar com a sapròfites. Al Parc hi ha catalogades: *Coriopsis gallica*, *Perenniporia ochroleuca* (Fig. 20), *Stereum hirsutum*, *Phellinopsis conchata* o *Phylloporia ribis* (sovint sobre xiprell -*Erica multiflora*- Fig. 21). Aquestes espècies produeixen a la fusta podridures blanques o fibroses (degraden principalment la lignina i, en menor proporció, la cel·lulosa i la hemicel·lulosa). Per contra, també trobam: *Neoantrodia serialis*, *Peniophora meridionalis*, *P. reidii* i *P. lycii* les quals produeixen podridures brunes o cúbiques (degraden la cel·lulosa i la hemicel·lulosa però no tenen capacitat de degradar la lignina).



Figura 27. *Perenniporia ochroleuca*.



Figura 28. *Phylliporia ribis*.

Altres espècies com *Omphalotus olearius* (gírgola d'olivera- Fig. 35), parasita arrels de diferents arbres o arbusts, mentre que *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (gírgola de canya fèl·lera- Fig. 22), sempre es troba vora aquesta umbel·lífera nodrint-se de la seva part radicular estigui la planta tant viva com morta.



Figura 29. *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (gírgola de canya fèl·lera).

Sobre els pixacans (*Suillus spp.*) hi creix un fong paràsit l'*Hypomyces chrysospermus* (Fig. 23) que forma una mena de polsim blanc que esdevé grogós amb la maduració.



Figura 30. *Hypomyces chrysospermus* parasitant carpòfors de *Suillus mediterraneensis*.

Els fongs simbiòtics o micorizògens, són els que formen micorizes amb la vegetació, produint-se així una relació de simbiosi. Una micoriza és un òrgan mixt que es forma sota terra compost per l'arrel d'una planta i el miceli d'un fong. Aquesta associació és molt avantatjosa per ambdós organismes. Per una banda els fongs ajuden a les plantes a captar nutrients i a absorbir aigua i, per l'altra, les plantes aporten substàncies als fongs perquè pugin nodrir-se i formar els bolets.



Figura 31. *Tricholoma caligatum*.



Figura 32. *Phaeoclavulina abietina* (peu de rata).

Al Parc s'han catalogat diferents espècies ectomicorizògenes (formen un tipus de micoriza on les hifes del fong mai penetren dins els sistemes radiculars dels arbres o arbusts i creen unes estructures coral·loides sobre les arrels més primes). Aquest tipus de micorizes són molt esteses als sistemes forestals mediterranis. A Cabrera Gran dins aquesta categoria hi ha els *Lactarius sanguifluus* (Fig. 33) i els *L. deliciosus* f. *rubescens* (esclata-sangs).

En referència a aquests dos tàxons, cal comentar que tot i que es consideren independents, proves de biologia molecular ens indiquen que podrien ser la mateixa espècie. Altres fongs micorizògens molts estesos, catalogats al Parc i associats a pins, són: *Suillus* spp. (pixacans), *Russula torulosa* (mare de l'esclata-sang), *Limacella furnacea*, *Inocybe rimosa*, *Tricholoma batschii*, *T. caligatum* (Fig. 24), *Phaeoclavulina abietina* (peu de rata-Fig. 25), *Hydnellum ferrugineum*, *Geastrum fimbriatum* (estrella de terra-Fig.26), *Amanita ovoidea* (farinera) i *Amanita pròxima* (Fig. 27).



Figura 33. *Geastrum fimbriatum* (estrella de terra).



Figura 34. *Amanita proxima*.

Entre les estepes negres o llimonenques (*Cistus monspeliensis*), també hi trobam espècies associades que són representants d'una comunitat micològica anomenada *Cistion*. A Cabrera Gran, com a representants d'aquesta comunitat, s'han catalogat diverses espècies d'*Inocybe*, com l'*Inocybe tarda* (Fig. 28), que al microscopi presenta un cistidis metuloïdes (Fig. 29) i espores llises amb un porus germinatiu molt petit (Fig. 30). Altres espècies també pròpies d'aquests ambients trobades al Parc són *Cuphophyllus virgineus*, *Clitocybe* spp., *Hygrocybe* spp. (Fig. 31), *Melanoleuca* spp. i *Tricholoma terreum* (gírgola d'estepa).



Figura 35. *Inocybe tarda*.



Figura 36. Cistidis metuloides d'*Inocybe tarda*.

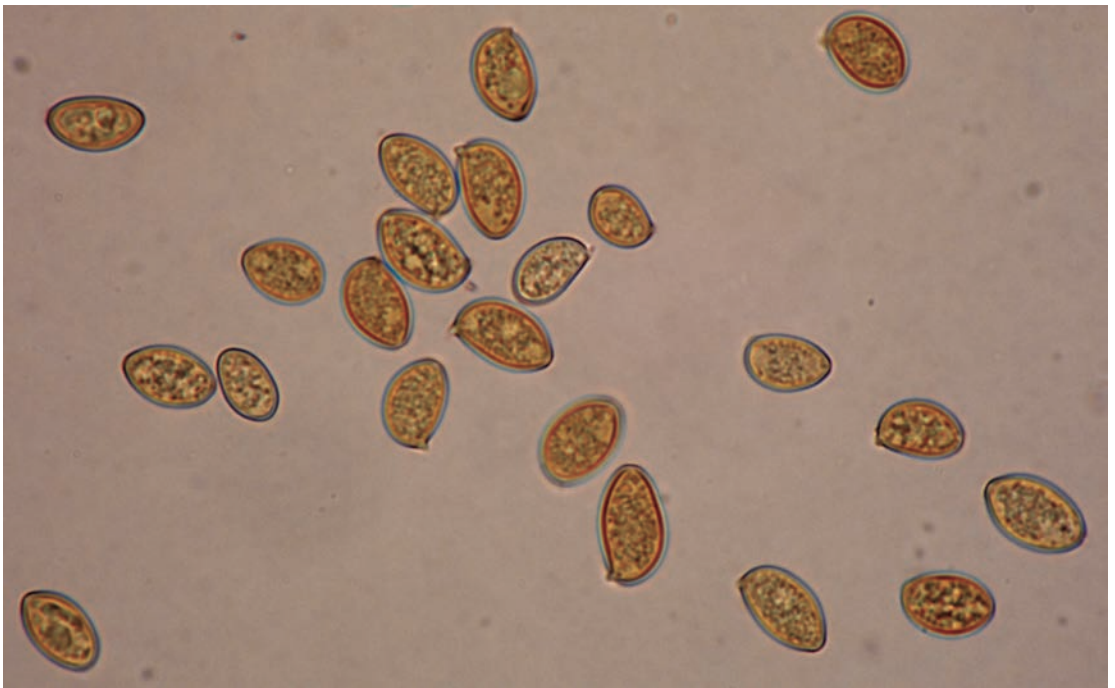


Figura 37. Espores d'*Inocybe tarda*.



Figura 38. *Hygrocybe acutoconica* var. *konradi*.

A Cabrera Gran s'han catalogat dues espècies de fongs simbiòtics hipògeus (el seus cossos fructífers fructifiquen baix terra), l'*Hydnocystis piligera* (Fig. 32) que forma ascòmes amb forma de petites patates buides i blanques per dins i amb els peridis externs bruns- ataronjats, que quan es recullen fan una olor forta que recorda la compota de fruites i *Tuber foetidum*. En referència a aquesta darrera espècie de tòfona, el més probable és que es tracti de *Tuber oligospermum*, espècie molt afí a l'anterior i comuna als sistemes forestals mediterranis. No obstant això, serà necessari revisar l'exsiccata (MA-Fungi 2747) dipositada a l'herbari del Real Jardín Botánico de Madrid, per corroborar aquesta hipòtesi.



Figura 39. *Hydnocystis piligera*.

També cal esmentar l'associació de dues espècies catalogades amb els invertebrats del Parc Nacional, és tracta del protist ecrrinal *Parataeniella dilatata* (considerat fins fa poc un tricomiset), que es va trobar associada a isòpodes terrestres (*Porcellio*) i el laboulbenial *Laboulbenia ophoni*, ectoparàsit que viu sobre l'exosquelet del coleòpter *Ophonus rotundatus*.

COMESTIBILITAT I TOXICITAT DELS BOLETS TROBATS AL PARC

Per acabar és vol fer una ressenya a la comestibilitat i a la toxicitat de les espècies fins ara catalogades al Parc Nacional. De totes les espècies catalogades es considera que n'hi ha 21 que són considerades comestibles i 20 considerades tòxiques, entre les quals n'hi ha 4 potencialment mortíferes. La resta no tenen cap valor culinari.

Entre les espècies comestibles són apreciades la gírgola de canya fèl·lera (*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*-Fig. 22), els esclata-sangs (*Lactarius sanguifluus* i *L. deliciosus* f. *rubescens*- Fig. 33), el bolet de tinta (*Coprinus comatus*) quan encara no ha madurat i les gírgoles d'estepa (*Tricholoma terreum*).



Figura 40. *Lactarius sanguifluus* (esclata-sang).

Per contra les espècies potencialment mortíferes fins ara catalogades al Parc Nacional totes són petites lepiotes (*Lepiota cristata*, *L. griseovirens*, *L. subincarnata* i *L. lilacea*-Fig. 34). Altres espècies tòxiques són els *Inocybe* spp., *Entoloma* spp., l'*Agaricus xanthodermus* (xampinyó pudent), els clitocibes blancs (*Clitocybe phyllophila*, *C. fragrans*), el *Panaeolus papilionaceus*, l'*Amanita proxima* (Fig. 27) i l'*Omphalotus olearius* (gírgola d'olivera- Fig. 35).



Figura 41. *Lepiota lilacea*.



Figura 42. *Omphalotus olearius* (gírgola d'olivera).

Com anècdota cal esmentar que la gírgola d'olivera va protagonitzar l'únic quadre d'intoxicació per consum de bolets conegut a l'arxipèlag de Cabrera, al ser consumida per personal militar inexpert que residia a Cabrera Gran.

REFERÈNCIES

- Fiol, L.A.. 2013. Líquens i fongs no liquenitzats epífits de l'arxipèlag de Cabrera (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 56:77-95.
- Lado, C. i. Siquier, J.L 2014. *Myxomycetes de las Islas Baleares. Catálogo de especies*. Ed. C. Lado i J.L. Siquier. 66 pp.
- Siquier, J.L. i Lillo, F. 1994. Contribución al conocimiento micológico del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera (Islas Baleares, España). *Bol. Soc. Micol. Madrid*, 19:193-205.
- Siquier, J.L. i Lillo, F. 1996. Contribución al conocimiento micológico del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera (Islas Baleares, España) II. *Bol. Soc. Micol. Madrid*, 21:99-112.
- Siquier, J.L. i Salom, J.C. 2013. *Catálogo de Hongos y Mixomicetos de las Islas Baleares*. Ed. Micobalea C.B. Sóller. 527 pp.
- Telleria, M.T., Melo, I. i Dueñas, M. (1997)- An Annotated list of the Aphylophorales of the Balearic Islands. *Mycotaxon*, LXV: 353-373.

ANNEXOS

Annex I. CATÀLEG ACTUALITZAT DE LA FUNGA, MIXOMICETS I MESOMICETOZOUS DEL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

MESOMICETOZOUS

Parataeniella dilatata R.A. Poiss
(identificat com a tricomiset)

MIXOMICETS

Arcyria cinerea (Bull.) Pers.
Arcyria denudata (L.) Wettst.
Arcyria incarnata (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers.
Arcyria minuta Buchet
Arcyria obvelata (Oeder) Onsberg
Arcyria pomiformis (Leers) Rostaf.
Badhamia dubia Nann-Bremek.
Badhamia foliicola Lister
Badhamia melanospora Spig.
Ceratiomyxa fruticulosa (O.F. Müll) T. Macbr.
Comatricha laxa Rostaf.
Comatricha nigra (Pers. ex J.F. Gmel.) J. Schröt.
Cribaria argillacea (Pers. ex J.F. Gmel.) Pers.
Cribaria aurantiaca Schrad.

FUNGA

Ascomicets

Botryosphaeria sp.
Cheilymenia theleboides (Alb. i Schwein.) Boud.
Endococcus parietinaris
Lindsay) Clauz. i Roux
Geopora arenicola Lev. Kers.
Glioniopsis praelonga (Schw.) Zogg
Halothia posidoniae
(Durieu et Mont.) Kohlm.
Helvella leucomelaena
(Pers.) Nannf.
Hydnocystis piligera Tul.
Hypomyces chrysospermus
Tul. i C. Tul.
Laboulbenia ophoni Thaxt.
Lichenodiplis lecanorae (Vouaux) Dyko i D. Hawksw.

Basidiomicets

Acantophysellum minor
(Pilát) Sheng H. Wu, Boidin i C.Y. Chien
Agaricus bitorquis (Quél.) Sacc.
Agaricus brunneolus (J.E. Lange) Pilát
Agaricus arvensis (F. H. Moller) F.H. Moller
Agaricus pseudopratenensis (Bohus) Wasser
Agaricus sylvaticus Schaeff.
Agaricus sylvicola (Vittad.) Peck

Cribaria cancellata (Batsch) Nann.-Bremek.
Diderma spumarioides (Fr.) Fr.
Enerthenema papillatum (Pers.) Rostaf.
Hemitrichia minor G. Lister
Leocarpus fragilis (Dicks.) Rostaf.
Lycogala epidendrum (L.) Fr.
Mucilago crustacea F.H. Wigg.
Physarum leucophaeum Fr.
Physarum pusillum (Berk. i M.A. Curtis) G. Lister
Stemonitis splendens Rostaf.
Stemonitopsis typhina (F.H. Wigg.) Nann.-Bremek.
Symphytocarpus impexus Ing i Nann.-Bremek.
Trichia lutescens (Lister) Lister

Neottiella rutilans (Fr.) Dennis
Peziza subviolacea Svrcek
Peziza succosella (Le Gal i Romag.) M.M. Moser ex
Aviz-Hersh. i Nemlich.
Peziza vesiculosa Bull.
Pithya cupressina (Batsch) Fuckel
Sepultariella patavina (Cooke i Sacc.) Van Vooren, U.
Lindem. i Healy
Smardaea planchonii
(Dunal ex Boud.) Korf i W.Y. Zhuang
Stilbella fimetaria (Pers.) Lindau
Tuber foetidum
Vitadd. (cf. *T. oligospermum* (Tul i C. Tul) Trappe)
Unguiculariopsis thallophila (P. Karst.) W.Y. Zahuang
Xylaria hypoxylon (L.) Grev.

Agaricus xanthodermus Genev.
Amanita ovoidea (Bull.) Link
Amanita proxima Dumée
Basidioidendron radians (Rick.) P. Roberts
Basidioidendron rimulentum
(Bourdot i Galzin) Luck-Allen
Cerioporus meridionalis (A. David) Zmitr. i Kovalenko
Clavaria incarnata Weinm.
(cf. *C. messapica*) Agnello, Kautman. i M. Carbone

<i>Clitocybe fragrans</i> (With.) P. Kumm.	<i>Marasmius anomalus</i> Peck.
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.: Fr.) Kumm.	<i>Marasmius wynneae</i> Berk. i Broome
<i>Clitocybe lituus</i> (Fr.) Métrod.	<i>Melanoleuca excissa</i> (Fr.) Singer
<i>Clitocybe phyllophila</i> (Pers.) P. Kumm.	<i>Melanoleuca</i> aff. <i>meridionalis</i> G. Moreno i Barrasa
<i>Clitopilus geminus</i> (Paulet) Noordel. i Co-David	<i>Mycena galopus</i> (Pers.) P. Kumm.
<i>Coprinellus ephemerus</i> (Bull.) Redhead, Vilgays i Moncalvo	<i>Mycena pura</i> (Pers.) P. Kumm.
<i>Coprinus comatus</i> (O.F. Müll.) Pers.	<i>Mycena seynesii</i> Quél.
<i>Coriolopsis gallica</i> (Fr.) Ryvarden	<i>Neoantrodia serialis</i> (Fr.) Audet
<i>Crepidotus variabilis</i> (Pers.) P. Kumm.	<i>Omphalotus olearius</i> (DC.) Singer
<i>Cuphophyllus virgineus</i> (Wulfen) Kovalenko	<i>Panaeolus pailionaceus</i> (Bull.) Quél.
<i>Dacrymyces stillatus</i> Nees	<i>Parasola galericuliformis</i> (Losa ex Watling) Redhead, Vilgays i Moncalvo
<i>Deconica coprophila</i> (Bull.: Fr.) P. Karst.	<i>Peniophora lycii</i> (Pers.) Höhn. i Litsch.
<i>Entoloma hirtipes</i> (Schumach.) M.M. Moser	<i>Peniophora meridionalis</i> Boidin
<i>Entoloma undatum</i> (Gillet) M. M. Moser	<i>Peniophora reidii</i> Boidin i Lanq.
<i>Geastrum fimbriatum</i> Fr.	<i>Peniophorella praetermissa</i> (P. Karst.) K.H. Larss.
<i>Gymnopus brassicolens</i> (Romagn.) Antonin i Noordel.	<i>Perenniporia ochroleuca</i> (Berk.) Ryvarden
<i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.) Murill	<i>Phaeoclavulina abietina</i> (Pers.) Giachini
<i>Hemimycena cephalotricha</i> (Joss ex Redhead) Singer	<i>Phellinopsis conchata</i> (Pers.) Y.C. Dai
<i>Hydnellum ferrugineum</i> (Fr.) P. Karst.	<i>Phylloporia ribis</i> (Schumach.) Ryvarden
<i>Hygrocybe acutoconica</i> (Clem.) Singer	<i>Pleurotus eryngii</i> var. <i>ferulae</i> (Lanzi) Sacc.
<i>Hygrocybe acutoconica</i> var. <i>konradii</i> (R. Haller Aar.) Boertm.	<i>Pluteus nanus</i> (Pers.) P. Kumm.
<i>Hygrocybe conica</i> (Scop.) P. Kumm.	<i>Pluteus romellii</i> (Britzelm.) Sacc.
<i>Hyphodontia crustosa</i> (Pers.) J. Erikss.	<i>Protostropharia semiglobata</i> (Batsch) Redhead, Moncalvo i Vilgalys
<i>Inocybe bongardii</i> (Weinm.) Quél.	<i>Psathyrella candolleana</i> (Fr.) Maire
<i>Inocybe dulcamara</i> (Alb. i Schwein.) P. Kumm.	<i>Psathyrella panaeoloides</i> (Maire) Arnolds
<i>Inocybe rimosa</i> (Bull.) P. Kumm.	<i>Psathyrella spintrigera</i> (Fr.) Konrad i Maubl.
<i>Inocybe tarda</i> Kühner	<i>Radulomyces confluens</i> (Fr.) M.P. Christ.
<i>Lactarius deliciosus</i> f. <i>rubescens</i> J. Augt Schmitt.	<i>Russula torulosa</i> Bres.
<i>Lactarius sanguifluus</i> (Paulet) Fr.	<i>Sebacina epigaea</i> (Berk. i Broome) Bourdot i Galzin
<i>Lentinellus micheneri</i> (Berk. i M. A. Curtis) Pegler	<i>Suillus bellinii</i> (Inzenga) Kuntze
<i>Lepiota cristata</i> (Bolton) P. Kumm.	<i>Suillus collinitus</i> (Fr.) Kuntze
<i>Lepiota griseovirens</i> Maire	<i>Suillus mediterraneensis</i> (Jacquet. i J. Blum) Redeuilh
<i>Lepiota lilacea</i> Bres.	<i>Tapinella panuoides</i> (Fr.) E.-J. Gilbert
<i>Lepiota subincarnata</i> J.E. Lange	<i>Thelephora palmata</i> (Scop.) Fr.
<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke	<i>Tricholoma batschii</i> Gulden
<i>Lepista sordida</i> (Fr.) Singer	<i>Tricholoma caligatum</i> (Viv.) Ricken
<i>Leucoagaricus subpudicus</i> Bon	<i>Tricholoma terreum</i> (Schaeff.) P. Kumm.
<i>Limacella furnacea</i> (Letell.) E.-J. Gilbert	<i>Tubulicrinis gracillimus</i> (Ellis i Everh. ex D.P. Rogers i H.S. Jacks.) G. Cunn.
<i>Lyophyllum decastes</i> (Fr.) Singer	<i>Volvariella murinella</i> (Quél.) M.M. Moser

LÍQUENS I FONGS LIQUENÍCOLES

Lluís A. Fiol

Laboratori de Botànica. Departament de Biologia Ambiental Universitat de les Illes Balears (UIB).

lluis.fiol@uib.cat

Fiol, L.L.A. (2020). Líquens i Fongs liquenícoles. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

La flora líquènica, que coneixem fins ara, de l'arxipèlag de Cabrera, comprèn 107 líquens, 66 saxícoles i 41 epífits. També s'han catalogat 9 fongs no liquenificats, 7 dels quals són fongs liquenícoles. Aquesta vegetació líquènica, repartida en 24 localitats, es pot caracteritzar com a típica d'una zona litoral àrida i tèrmica. Es discuteix el seu paper en la meteorització de les roques carbonatades.

Paraules clau: *líquens, fongs no liquenitzats, saxícoles, epífits, biocarst Cabrera*

ABSTRACT

The lichenic flora, known so far from the archipelago of Cabrera, includes 107 lichens, 66 saxicolous, and 41 epiphytes. Also, 9 non-lichenized fungi have been reported, 7 of which are liquenicolous fungi. This lichen flora, divided into 24 locations, can be characterized as typical of a dry and thermal coastline. Their role in weathering processes is discussed.

Keywords: *lichens, non-lichenized fungi, saxicolous, epiphytes, biokarst, Cabrera*

INTRODUCCIÓ

L'agost de 1991 vàrem fer una estada a Cabrera per recollir mostres del poblament líquènic que colonitza aquest arxipèlag, amb la finalitat de formar part de la monografia que la SHNB estava preparant sobre aquest indret (Alcover *et al.*, 1993). El temps disponible per a enllestir l'abundant material recol·lectat no ens va permetre complir amb els terminis i finalment els líquens saxícoles i terrícoles acabaren formant part de la nostra tesi (Fiol, 2011) i els líquens epífits aparegueren en un article posterior (Fiol, 2013). Els dos treballs citats juntament amb el de Llimona (1976), són els únics que fins ara han tractat sobre la flora líquènica d'aquesta àrea.

A pesar de que els líquens són organismes poiquilohidres i especialment adaptats a condicions climàtiques severes, el lloc que ocupen, la seva distribució dins un hàbitat i la diversa morfologia tal·lina, estan regulades i limitades per les condicions macro i microambientals, fet que és més fàcil d'observar en el cas dels líquens foliacis i fruticulosos.

També es varen estudiar els fongs liquenícoles, és a dir, aquells fongs no liquenificats que utilitzen com a substrat el tal·lus i apotecis d'un líquen.

Per explicar i entendre el tipus de poblament líquènic, espècies i morfologia, que colonitza aquest petit arxipèlag, amb un clima mediterrani semi àrid típic, és oportú recordar i ressenyar els següents trets:

- » El substrat lític és calcari amb poques excepcions, així com el sòl a que dona origen.
- » La vegetació que pot actuar com foròfit no supera, en els llocs més favorables, al pinar amb un sotabosc format per matolls escleròfils.
- » A l'interior de l'illa gran no hi ha cap indret que estigui a més d'un quilòmetre de la costa (Servera, 1993) (Fig. 1), el que implica un lloc altament marítim i per tant amb freqüència d'aerosols salins.

- » La major alçària es localitza en el puig de Na Picamosques amb 172 m, al costat occidental de l'illa.
- » La velocitat del vent és considerablement elevada. El vent mitjà sostingut, al llarg de tot l'any, és del voltant de 19 km/h (Jansà i Guijarro, 2018)
- » És una de les zones menys plujoses de l'arxipèlag Balear (mitjana de 380 mm/any al far de Cabrera) i presenta una gran variabilitat de la precipitació: totals anuals entre 193 i 555 mm (Jansà i Guijarro, 2018)
- » Temperatures elevades, radiació intensa i vents forts impliquen un increment de la transpiració.
- » Climàticament Cabrera s'assembla més a un illot que a una illa típica. La continentalitat és inapreciable (Jansà i Guijarro, 2018).

MATERIAL I MÈTODES

Tant el material utilitzat com la metodologia seguida han estat els tradicionals en els estudis líquenològics amb finalitat florística (Clauzade i Roux, 1985).

Amb tot el material classificat es va anar constituint un herbari que ha quedat dipositat a l'herbari de la UIB.

LOCALITATS MOSTREJADES

Fórmula: Nom de la localitat (topònim), UTM, altitud i tipus de líquen, saxícoles i/o epífits. En aquest darrer cas es citen els foròfits mostrejats a cada localitat.

1.	Sa Conillera, DD9736, 50m, saxícoles i epífits: <i>Juniperus phoenicea</i> .
2.	Clot des Guix, DD9634, 60m, epífits: <i>Pinus halepensis</i> .
3.	Putxet de l'Olla, DD9734, 120m, epífits: <i>Phillyrea angustifolia</i> .
4.	Pinar baixada platja de l'Olla, DD9733, 20m, epífits: <i>Erica multiflora</i> , <i>Pinus halepensis</i> i <i>Pistacia lentiscus</i> .
5.	L'Olla, DD9733, fins a 10m, saxícoles.
6.	Cap de sa Carabassa, DD9733, 20m, saxícoles.
7.	Caló des Macs, DD9633, 5m saxícoles, 15m, epífits: <i>Erica multiflora</i> , <i>Pinus halepensis</i> i <i>Pistacia lentiscus</i> .
8.	Coll des caló de sa Dona Morta, DD9533, 20m, saxícoles i epífits: <i>Pistacia lentiscus</i> i <i>Rosmarinus officinalis</i> .
9.	Brújula, DD9433, 116m, saxícoles.
10.	Ses Rotes, DD9433, 75m, saxícoles i epífits: <i>Ephedra fragilis</i> , <i>Euphorbia characias</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i> i <i>Pistacia lentiscus</i> .
11.	Es Castell, DD9333, 50m, saxícoles.
12.	Cap de Llebeig, DD9334, 111m, saxícoles.
13.	Serra de sa Font, DD9532, 130m, saxícoles.
14.	Camí de can Feliu, DD9432, 15m, epífits: <i>Ficus carica</i> .
15.	Es Burrí, DD9632, 50m, epífits: <i>Erica multiflora</i> i <i>Pinus halepensis</i> .
16.	Na Picamosques, DD9332, 50-173m, saxícoles i epífits: <i>Erica multiflora</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> i <i>Micromeria filiformis</i> .
17.	Sa tomba des Francès, DD9432, 20m, epífits: <i>Juniperus phoenicea</i> i <i>Pinus halepensis</i> .
18.	Es Coll Roig, DD9332, 100m, saxícoles.
19.	Canal llarg, DD9431, 100m, epífits: <i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> i <i>Rosmarinus officinalis</i> .
20.	Tàlveg Serra des Canal de ses Figueres, DD9531, 140m, saxícoles.
21.	Codolar de l'Imperial, DD9631, 50-100m, saxícoles i epífits: <i>Erica multiflora</i> .
22.	L'Imperial, DD9630, 4m, saxícoles.
23.	S'Estell de s'Esclata-sang, DD9530, 5m, saxícoles.
24.	N'Ensiola, DD9331, 10-101m, saxícoles i epífits: <i>Ephedra fragilis</i> , <i>Erica multiflora</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> i <i>Rosmarinus officinalis</i> .



Figura 1. Localitats estudiades al subarxipèlag de Cabrera. Superíndex, e: epífits; s: saxícoles; se: saxícoles i epífits.

LÍQUENS SAXÍCOLES I TERRÍCOLES

Els líquens saxícoles són els que colonitzen les roques, en aquest cas majoritàriament calcàries, i poden colonitzar la superfície, més o manco aplicats a la mateixa (epilítics), o viure dins la roca (endolítics).

CATÀLEG FLORÍSTIC

De les 17 localitats mostrejades (Fig. 1) s'ha completat un catàleg de 70 espècies, 66 líquens i 4 fongs liquenícoles.

Les espècies, ordenades alfabèticament, van acompanyades de les localitats on s'han estudiat

Per a la sistemàtica s'han seguit les obres de: Roux *et al.* (2017) i Kirk (2018).

LÍQUENS

<i>Acarospora umbilicata</i> Bagl. (loc.: 9)	<i>Clauzadea immersa</i> (Weber) Hafellner et Bellemère (loc.: 10) (Fig. 2)
<i>Acrocordia conoidea</i> (Fr.) Körb. (loc.: 16)	<i>C. metzleri</i> (Körber) Clauz. et Cl. Roux (loc.: 21)
<i>Arthonia calcarea</i> (Turner ex Sm.) Ertzet Diederich (loc.: 5, 11, 16)	<i>C. monticola</i> (Schaer.) Hafellner et Bellemère (loc.: 5)
<i>A. meridionalis</i> Zahlbr. (loc.: 11)	<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot. (loc.: 9)
<i>Bagliettoa calciseda</i> (CD.) Gueidan et Cl. Roux (Syn. <i>Verrucaria calciseda</i> DC.) (loc.: 10, 11, 13, 16, 24)	<i>D. hedinii</i> (H. Magn.) P. Clerc et Cl. Roux (loc.: 10, 11)
<i>Biatorella fossarum</i> (Dufour) Th. Fr. (loc.: 18)	<i>Dirina immersa</i> Müll. Arg. (loc.: 5, 11, 24)
<i>Buellia sequax</i> (Nyl.) Zahlbr. (loc.: 9, 10)	<i>D. massiliensis</i> Durieu et Mont. f. <i>massiliensis</i> (loc.: 5, 24)
<i>B. stellulata</i> (Tayl.) Mudd (loc.: 9)	<i>Enchylium tenax</i> (Sw.) Gray [Syn. <i>Collema tenax</i> (Sw.) Ach.] (loc.: 5, 10, 16, 18, 20)
<i>Caloplaca albopruinosa</i> (Arnold) H. Oliver (loc.: 5, 24)	<i>Fulgensia fulgens</i> (Sw.) Elenkin (loc.: 1)
<i>C. alociza</i> (A. Massal.) Mig. (loc.: 5, 10, 11, 16, 24)	<i>Gyalecta thelotremella</i> Bagl. [Syn. <i>Petractis thelotremella</i> (Bagl.) Vězda] (loc.: 11)
<i>C. aurantia</i> (Pers.) Hellb. (loc.: 10, 11)	<i>Lecania spadicea</i> (Flotow) Zahlbr. (loc.: 5, 10, 11, 22, 24)
<i>C. chalybaea</i> (Fr.) Müll. Arg. (loc.: 21)	<i>L. aff. sylvestris</i> (Arnold) Arnold (loc.: 11)
<i>C. citrina</i> (Hoffm.) Th. Fr. f. <i>citrina</i> (loc.: 23)	<i>L. turicensis</i> (Hepp) Müll. Arg. (loc.: 8, 10, 13, 21)
<i>C. erythrocarpa</i> (Pers.) Zwackh (loc.: 13, 16)	<i>Lecanora campestris</i> (Schaerer) Hue var. <i>campestris</i> (loc.: 9)
<i>C. flavescens</i> (Huds.) J. R. Laundon (loc.: 5, 9, 16, 21, 24)	<i>L. gamgaleoides</i> Nyl. (loc.: 9)
<i>C. navasiana</i> Nav.-Ros. et Cl. Roux (loc.: 5, 9, 11, 16, 24)	<i>Lecidella stigmataea</i> (Ach.) Hertel et Leuckert (loc.: 10) (Fig. 3)
<i>C. subochracea</i> [auct. non (Wedd.) Clauzade et Cl. Roux] var. <i>subochracea</i> (loc.: 11)	<i>Myriolecis agardhiana</i> (Ach.) Šliva, Zhao Xin et Lumbsch (Syn. <i>Lecanora agardhiana</i> Ach.) (loc.: 5, 11)
<i>C. velana</i> (A. Massal.) Du Rietz (loc.: 5, 8, 10)	<i>M. agardhiana</i> ssp. <i>catalaunica</i> (Clauz. et Cl. Roux ex Cl. Roux) Nimis et Cl. Roux (loc.: 24)
<i>C. vitellinula</i> (Nyl.) H. Olivier (loc.: 9)	<i>M. dispersa</i> (Pers) Šliva, Zhao Xin et Lumbsch [Syn. <i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.] (loc.: 24)
<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr. (loc.: 9, 10)	<i>M. pruinoso</i> (Chaub.) Šliva, Zhao Xin et Lumbsch (Syn. <i>Lecanora pruinoso</i> Chaub.) (loc.: 10, 11)
<i>Catillaria lenticularis</i> (Ach.) Th. Fr. (loc.: 16)	<i>Ochrolechia parella</i> (L.) A. Massal. (loc.: 9)
<i>Circinaria calcarea</i> (L.) A. Nordin, Saviè i Tibell [Syn. <i>Aspicilia calcarea</i> (L.) Mudd.] (loc.: 9)	<i>Paralecanographa grumulosa</i> (Dufour) Ertz et Tehler [Syn. <i>Lecanographa grumulosa</i> (Dufour) Egea et Torrente] (loc.: 11)
<i>Cladonia</i> cf. <i>fimbriata</i> (L.) Fr. (loc.: 6)	<i>Petractis clausa</i> (Hoffm.) Krempelh. (loc.: 10, 16) (Fig. 4)
<i>C. foliacea</i> (Huds.) Willd ssp. <i>endivifolia</i> (Dicks.) Boistel (loc.: 1, 5, 7, 8, 10, 12, 16, 21)	<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier (loc.: 9)
<i>C. pyxidata</i> (L.) Hoffm. (loc.: 5, 6, 7, 16, 21)	
<i>C. rangiformis</i> Hoffm. f. <i>pungens</i> (Ach.) Vain. (loc.: 5, 21)	

<i>Placidium pilosellum</i> (Breuss) Breuss (loc.: 1)	<i>T. sedifolia</i> (Scop.) Timdal (loc.: 1)
<i>Porina linearis</i> (Leighton) Zahlbr. (loc.: 5, 11, 13, 16, 24)	<i>Verrucaria macrostoma</i> Dufour ex DC. f. <i>furfuracea</i> B. de Lesd. (loc.: 10)
<i>Rinodina beccariana</i> Bagl. (loc.: 9)	<i>V. muralis</i> Ach. (loc.: 9, 11, 21, 24)
<i>R. fimbriata</i> Körb. [Syn. <i>Buellia fimbriata</i> (Tuck.) Sheard] (loc.: 9)	<i>V. nigrescens</i> Pers. (loc.: 5, 10, 16)
<i>R. immersa</i> (Körber) Arnold (loc.: 13, 16) (Fig. 5)	<i>V. viridula</i> (Schrader) Ach. (loc.: 16)
<i>Rocella phycopsis</i> (Ach.) Ach. (loc.: 24)	<i>Xanthoparmelia pulla</i> (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw et Lumbsch (loc.: 9)
<i>Squamarina lentigera</i> (Weber) Poelt (loc.: 1)	<i>Xanthoria calcicola</i> Oxner (loc.: 5, 10, 11)
<i>Toninia aromatica</i> (Sm.) A. Massal. (loc.: 10, 11, 24)	<i>X. parietina</i> (L.) Th. Fries (loc.: 21)

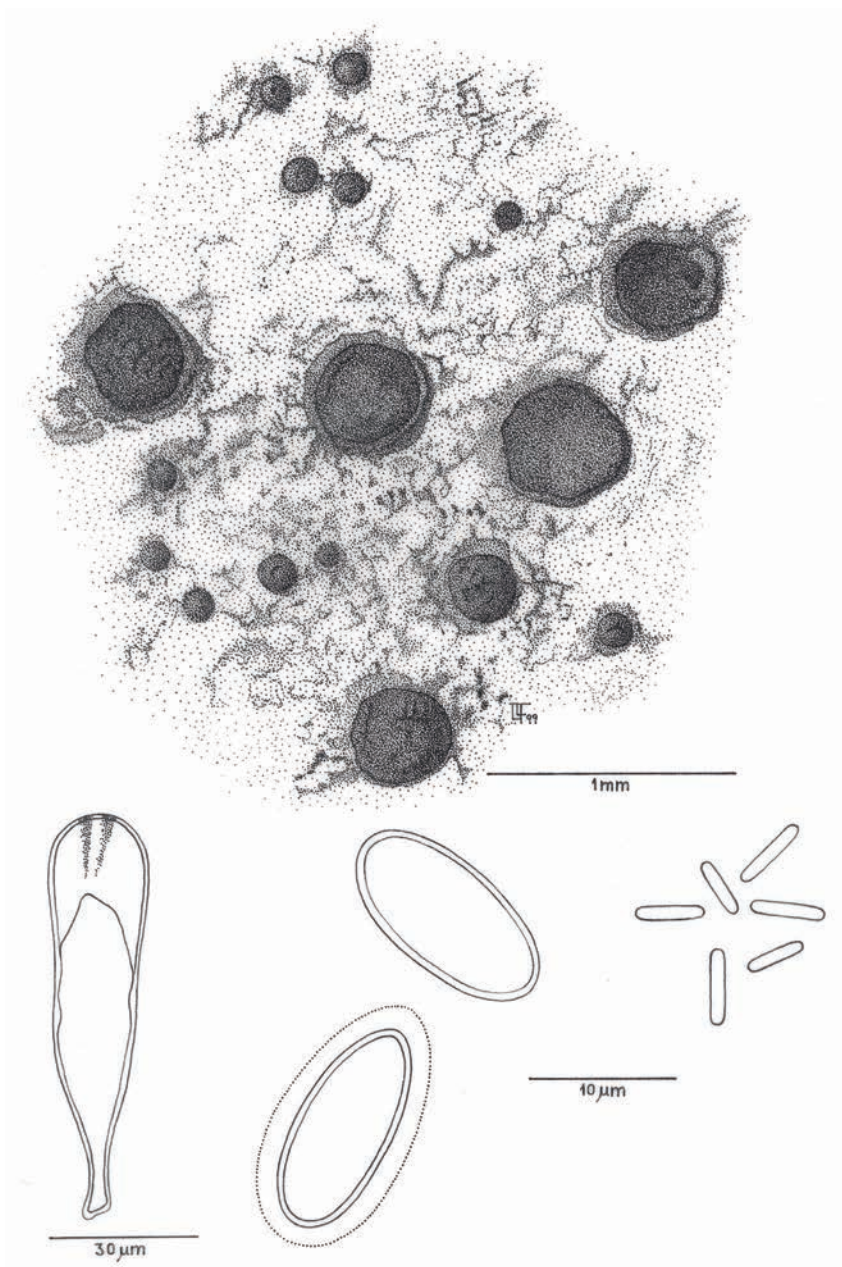


Figura 2. *Clauzadea immersa* (Weber) Hafellner et Bellemère.

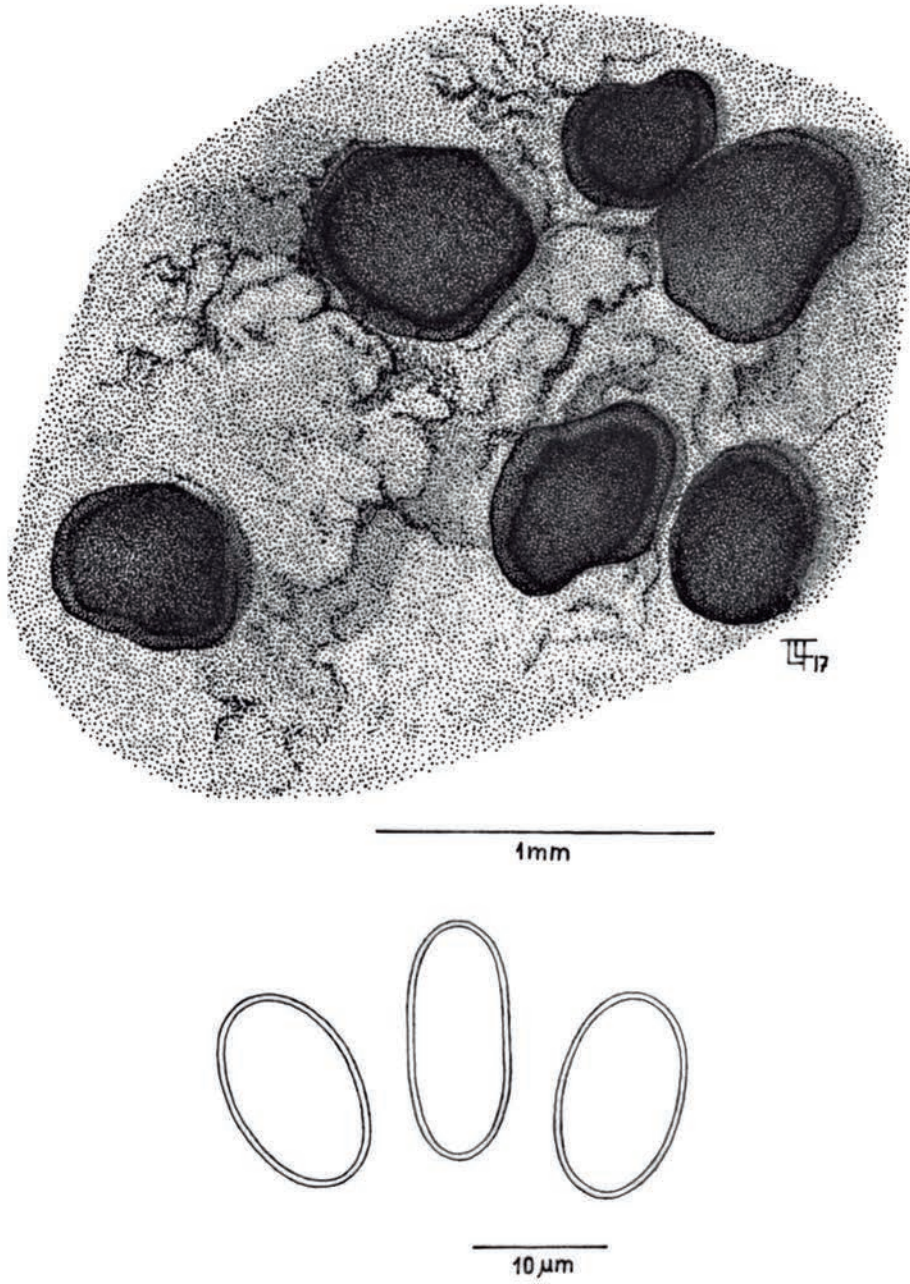


Figura 3. *Lecidella stigmatea* (Ach.) Hertel et Leuckert.

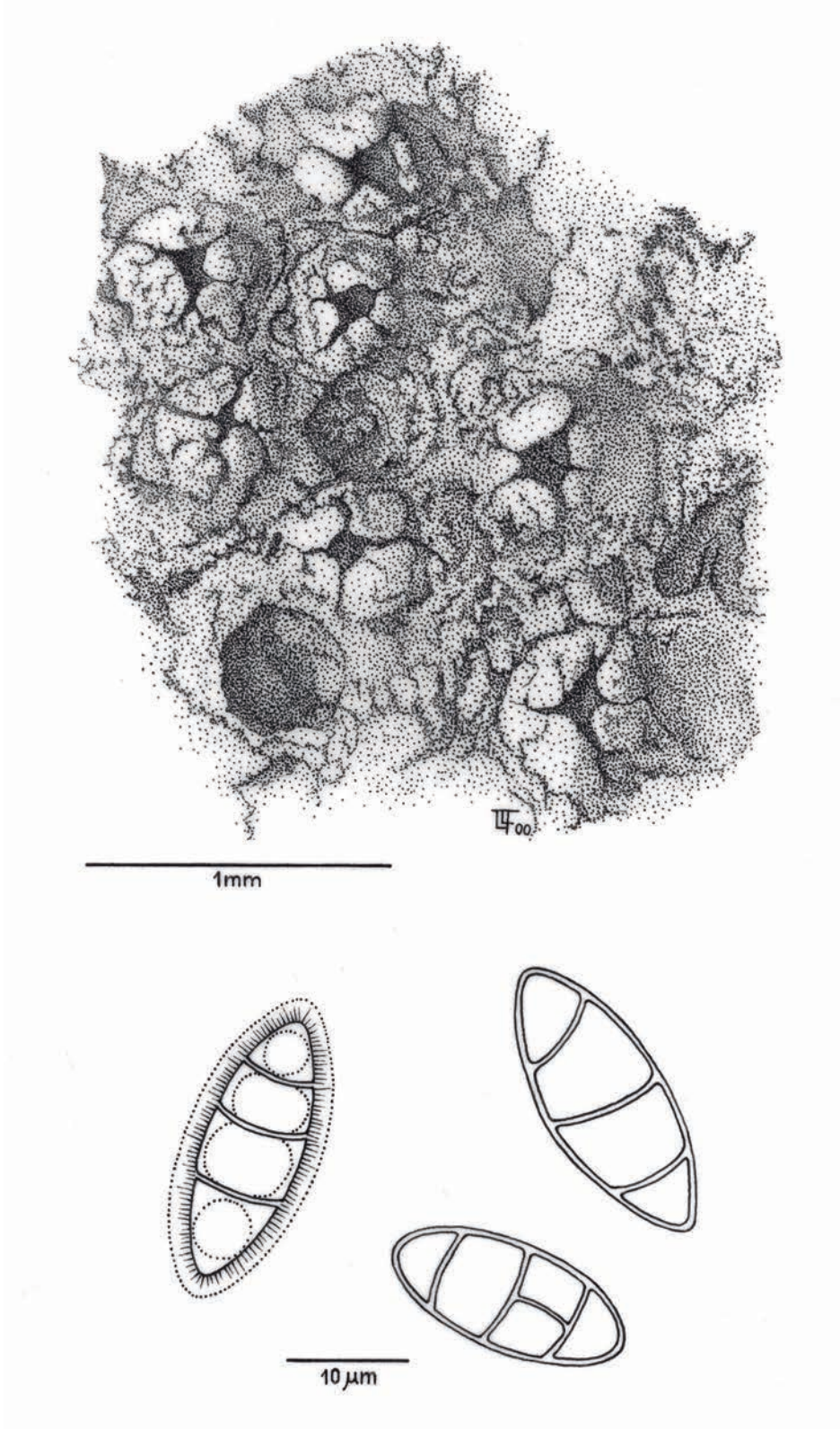


Figura 4. *Petractis clausa* (Hoffm.) Krempelh.

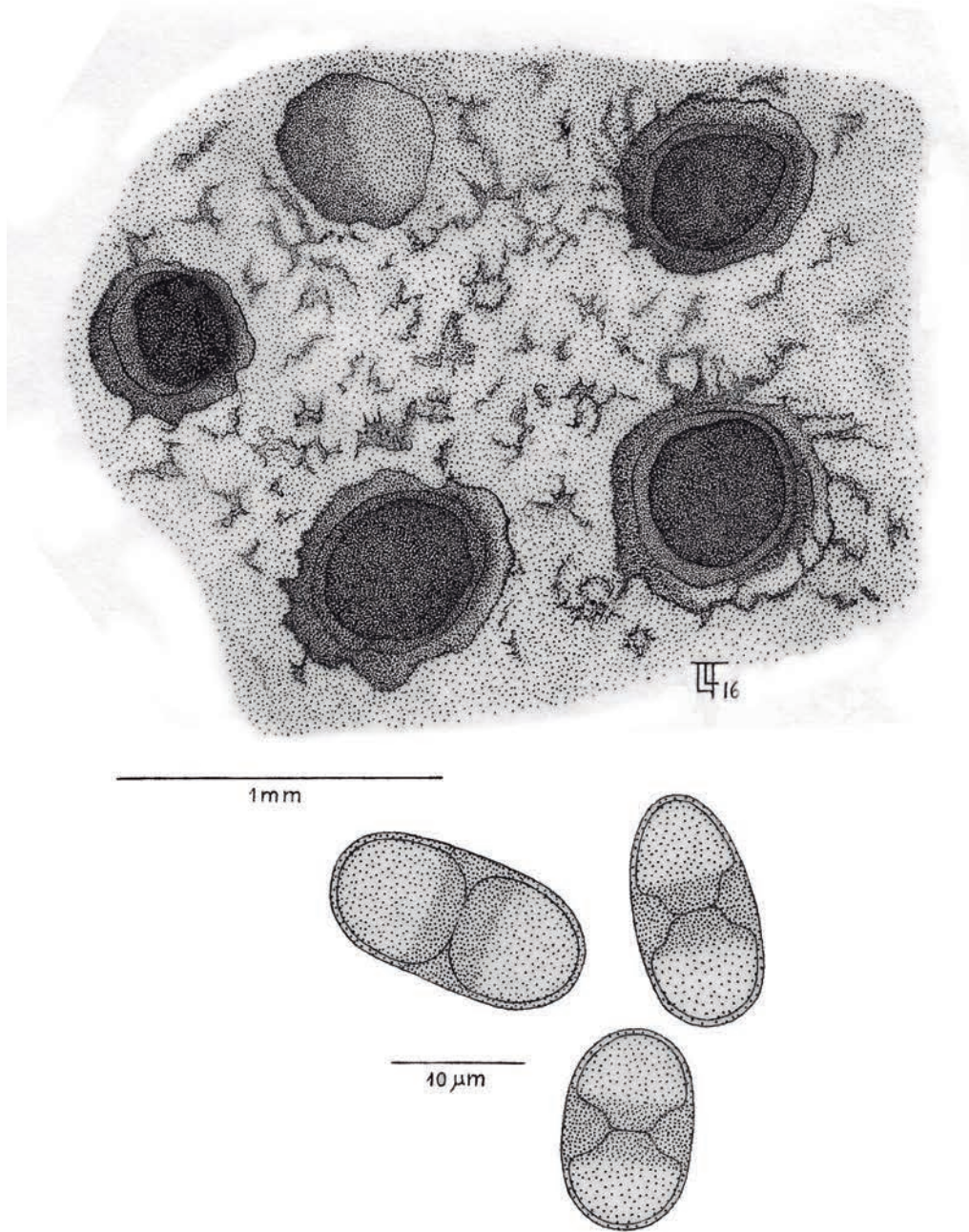


Figura 5. *Rinodina immersa* (Körber) Arnold.

FONGS LIQUENÍCOLES:

Arthonia lecanorina (Almq.) R. Sant. (loc.: 11)

A. varians (Davies) Nyl. (loc.: 11)

Opegrapha rupestris Pers. (loc.: 10, 24)

Rosellinula haplospora (Th. Fr. et Almq.) R. Sant (loc.: 9)

Aquesta vegetació liquènica saxícola, sobre substrat carbonatat ja sigui roca o sòl, és típica de la regió mediterrània, al voltant del 82% són líquens característics d'aquesta àrea, amb la particularitat que un 12% dels quals són de distribució termomediterrània. El 18% restant són líquens d'ampla distribució.

Els gèneres més rics en espècies xerofítiques: *Caloplaca* 17%, *Lecanora* 9%, *Verrucaria* 8%, *Buellia* 5%, *Clauzadea* 5%, *Lecania* 5%, etc. i la morfologia tal·lina resultant 89 : 9 : 2, es a dir la proporció entre líquens crustacis més esquamulosos, foliacis i fruticulosos, recorda el poblament liquènic dels deserts del món (Rogers, 1977; Llimona, 1981; Fiol 1983) i el podem caracteritzar com a típic de zones més o menys àrides i tèrmiques.

Las espècies que apareixen amb més freqüència, com s'observa al catàleg, són o be pròpies d'aquesta àrea com: *Cladonia foliacea*, *Bagliettoa calciseda*, *Caloplaca alociza*, *C. flavescens*, *Enchylium tenax*, etc. o espècies típiques del litoral i fins i tot exclusives de la regió mediterrània, com: *Caloplaca navasiana*, *Lecania spadicea*, etc., o també espècies pròpies d'ambients eutrofitzats, com: *Caloplaca aurantia*, *Candelariella aurella*, *Xanthoria calcicola*, etc.

Únicament dues espècies, el líquen *Petractis clausa* i el fong liquenícola *Rosellinula haplospora* estan considerades com a muntanyenques, i encara que l'alta muntanya no existeix a Cabrera, si que aquests dos tàxons s'han trobat a les parts més altes de l'illa.

Un cas interessant es presenta a la localitat número 9 (Brújula) (Fig. 1), formada per margo-calcàries amb nòduls de sílex del Juràssic mitjà (Dogger), on apareix un poblament liquènic mixt format, en part, per un conjunt d'espècies silicícoles o de roques dèbilment alcalines com: *Acarospora umbilicata*, *Rinodina fimbriata*, *Buellia sequax*, *B. stellulata*, *Ochrolechia parella*, *Xanthoparmelia pulla*, etc., que donen a la localitat un aspecte prou diferent a la resta del poblament saxícola de l'illa.

La manca d'estudis sobre els microlíquens de les nostres illes i de Cabrera en particular, va suposar que la gran majoria dels líquens catalogats resultessin primeres cites per a aquest subarxipèlag i que fins i tot 9 tàxons fossin cites noves per a les illes Balears.

PAPER DELS LÍQUENS SAXÍCOLES EN LA METEORITZACIÓ DE LES ROQUES CALCÀRIES

La meteorització de les roques, en particular les calcàries que en el cas de Cabrera son omnipresents com a la resta de l'arxipèlag, per part dels líquens i altres microorganismes colonitzadors, està molt documentada. A partir del segle XIX es començà a considerar l'activitat biològica com a un factor essencial en la degradació de les roques, així per exemple, Sollàs (1880) ja parla de la formació de petites cavitats hemisfèriques a la superfície de roques calcàries provocades per l'acció química del líquen crustaci *Verrucaria rupestris*. Posteriorment, Fry (1927) comenta l'acció mecànica dels líquens crustacis sobre diversos tipus de roques, incloent les calcàries.

En els treballs esmentats es posen en evidència els dos mecanismes que utilitzen els litobionts en la biodegradació de la roca i que es concreten en processos mecànics i químics, resultants de la

interacció entre factors físics, químics i biològics (Jacks, 1953; Gómez-Alarcón *et al.*, 1995; Sand, 1997; Chen *et al.*, 2000). De tot plegat en resulta l'alteració biomecànica del substrat lític, donant lloc, amb la participació de l'aigua de pluja, a una fracció solubilitzada en forma de bicarbonat i un altre particulada (micrita) (Fiol *et al.*, 1992; Fiol, 2011).

La gruixa de la zona alterada està en funció de diversos factors, com són: les característiques lítiques del substrat, el tipus de microorganisme colonitzador, la localització d'aquests a la roca, la naturalesa de les substàncies secretades o excretades pels mateixos i les condicions macro i microclimàtiques de la zona on es localitzen les roques (Krumbein, 1972). Pomar *et al.* (1975) estudiaren les textures d'alteració associades als microorganismes colonitzadors, considerant els líquens endolítics com els responsables de les textures d'alteració més intenses, que poden arribar a superar els 15 mm de profunditat, però freqüentment es limiten a 1 mm, i no solen depassar els 3 mm.

Respecte als cianoprocariotes i a les algues no associades amb fongs, si són endolítics i a causa de la seva dependència de l'energia lluminosa, necessiten una disposició dins la roca molt poc profunda i, per tant, les textures d'alteració no superen les 300 µm de profunditat (Pohl i Schneider, 2002), com es el cas de les roques amb estries (*Rillenkarren*) també presents a Cabrera (Ginés, 1993).

Aparentment els líquens crustacis alteren les roques amb una intensitat major que els altres microorganismes. Però cal considerar el paper ambivalent que juguen els primers, ja que per una part meteoritzen el substrat lític i per l'altra actuen com a pantalla davant l'acció mecànica de les gotes de pluja (Pomar i Calvet, 1974; Lallemand i Deruelle, 1978; Ariño *et al.*, 1995; Chen *et al.*, 2000; Pohl i Schneider, 2002). Aquest efecte protector permet que la zona micrititzada pugui arribar a adquirir una gruixa considerable, com hem comentat abans.

El patró d'actuació dels cianoprocariotes, algues i fongs no és massa divergent del que posen en joc els líquens. Que la zona alterada sigui més prima no es conseqüència d'una menor capacitat per alterar el substrat, sinó del fet de no oferir a la roca cap efecte pantalla com el comentat en el cas dels líquens, de tal manera, el que ocorre és que la velocitat de micritització s'assembla a la velocitat amb que les partícules lítiques, resultants del procés, són descalçades per l'impacte de les gotes de pluja. El que dona lloc a una zona micrititzada d'una gruixa sempre inferior a la que es pot trobar en una roca colonitzada per líquens (Fiol, 2011).

Un altre aspecte interessant és que mentre que la colonització d'una roca per part de líquens és un estadi d'un procés continu en el temps, que comporta creixement dels tal·lus, aparició d'altres tal·lus nous, etc., tot això suposa increments de la biomassa i predomini de la protecció. La colonització per part de cianoprocariotes, algues, etc., a les roques amb estries (*Rillenkarren*) dona lloc a una comunitat que no progressa en el temps, ja que les condicions ambientals més extremes no fan possible la colonització líquènica i la xerosèrie queda estancada. En aquest cas la quantitat de biomassa es manté baixa i quasi constant, predominant la meteorització (Fiol, 2011).

LÍQUENS EPÍFITS

A grans trets la vegetació llenyosa d'aquest indret, que pot esser colonitzada per líquens, està constituïda per màquies bastant denses, amb predomini d'arbusts escleròfils com: *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* (Al. *Oleo-Ceratonion*), així com brolles més obertes amb predomini de: *Erica multiflora*, *Globularia alypum*, *Cistus pompeliensis* (Al. *Rosmarino-Ericion*), que en aquest cas pot presentar una coberta arbòria de *Pinus halepensis* (Rita i Bibiloni, 1993).

FORÒFITS ESTUDIATS

<i>Ephedra fragilis</i>	<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>
<i>Erica multiflora</i>	<i>Phillyrea angustifolia</i>
<i>Euphorbia dendroides</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Ficus carica</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Micromeria filiformis</i>	Fusta de foròfit no identificat

CATÀLEG FLORÍSTIC

De les 14 localitats estudiades (Fig. 1) ha resultat un catàleg de 46 espècies, 41 líquens i 5 fongs no líquenitzats, dels quals 3 són fongs líquenícoles.

Les espècies, ordenades alfabèticament, van acompanyades de les localitats on s'han estudiat.

Per a la sistemàtica s'han seguit les obres de: Nimis (1993), Roux *et al.* (2017) i Kirk (2018).

LÍQUENS:

<i>Arthonia atra</i> (Pers.) A. Schneid. (Syn. <i>Opegrapha atra</i> Pers.) (loc.: 7, 14, 16, 17, 19, 24)	<i>Paralecanographa grumulosa</i> (Dufour) Ertz et Tehler (loc.: 1, 14, 24)
<i>A. dispersa</i> (Schrader) Nyl. (loc.: 24)	<i>Pertusaria dispar</i> J. Steiner (loc.: 7, 16)
<i>A. punctiformis</i> Ach. (loc.: 14, 16)	<i>P. heterochroa</i> (Müll. Arg) Erichsen (loc.: 3, 4, 19)
<i>Arthopyrenia cerasi</i> (Schrader) A. Massal. (loc.: 10)	<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier (loc.: 14, 24)
<i>A. salicis</i> A. Massal. (loc.: 3, 8)	<i>Porina aenea</i> (Wallr.) Zahlbr. (loc.: 24)
<i>Arthothelium sardoum</i> Bagl. (loc.: 10, 14)	<i>Pyrenula chlorospila</i> (Nyl.) Arnold (loc.: 24)
<i>Arthrosporium populorum</i> A. Massal. (loc.: 10, 14, 17, 19, 24)	<i>Pyrrhospora querneae</i> (Dicks.) Körb. (loc.: 4, 7, 15, 19) (Fig. 6)
<i>Athallia holocarpa</i> (Hoffm.) Arup, Frödén et Søchting [Syn. <i>Caloplaca holocarpa</i> (Hoffm.) A. E. Wade] (loc.: 10, 14, 16, 17, 19, 24)	<i>Ramalina arabum</i> (Dill. ex Ach.) Meyen et Flot. (loc.: 4, 16, 19)
<i>Bactrospora patellarioides</i> (Nyl.) Almq. (loc.: 1, 10, 16, 17, 24)	<i>R. canariensis</i> Steiner (loc.: 3, 4, 10, 14, 15, 16, 17, 19)
<i>Buellia leptoclinooides</i> (Nyl.) J. Steiner (loc.: 12, 15, 16, 21)	<i>R. pusilla</i> Le Prev. ex Duby (loc.: 3, 4, 15, 17)
<i>Caloplaca aegatica</i> Giralt, Nimis et Poelt (loc.: 1, 3, 10, 19)	<i>R. subgeniculata</i> Nyl. (loc.: 3)
<i>Diploicia canescens</i> (Dickson) A. Massal. (loc.: 7, 10, 14)	<i>Rinodina anomala</i> (Zahlbr.) H. Mayrhofer et Giralt (loc.: 16)
<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot. (loc.: 14, 19)	<i>R. pruinella</i> Bagl. (loc.: 3, 10, 16)
<i>Dirina ceratoniae</i> (Ach.) Fr. (loc.: 14, 15, 16, 17, 19, 24)	<i>Roccella phycopsis</i> (Ach.) Ach. (loc.: 10, 14, 24)
<i>Lecania cyrtellina</i> (Nyl.) Sandst. (loc.: 16, 24)	<i>Schismatomma graphidioides</i> (Leig.) Zahlbr. (loc.: 4, 10, 14, 16, 17, 19)
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl. (loc.: 2, 4, 7, 15, 16, 17, 19, 21)	<i>Scythioria phlogina</i> (Ach.) S.Y.Kondr., Kärnefelt, Elix, A. Thell et Hur [Syn. <i>Caloplaca citrina</i> f. <i>phlogina</i> (Ach.) B. de Lesd.] (loc.: 4)
<i>L. horiza</i> (Ach.) Lindsay (loc.: 3, 10, 14)	<i>Syncesia myrticola</i> (Fée) Tehler (Syn. <i>Chiodecton myrticola</i> Fée var. <i>myrticola</i>) (loc.: 16) (Fig. 7)
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy quimiotip <i>elaeochroma</i> (loc.: 1, 14)	<i>Thelenella modesta</i> (Nyl.) Nyl. (loc.: 10)
<i>Opegrapha celtidicola</i> (Jatta) Jatta (loc.: 19, 24)	<i>Thelopsis isiaca</i> Stizenb. (loc.: 1)
<i>O. niveoatra</i> (Borrer) Laundon (loc.: 17)	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Beltr. (loc.: 8, 10, 14, 17, 19, 24)
<i>O. ochrocincta</i> R. G. Werner (loc.: 14, 16, 17, 19, 24)	

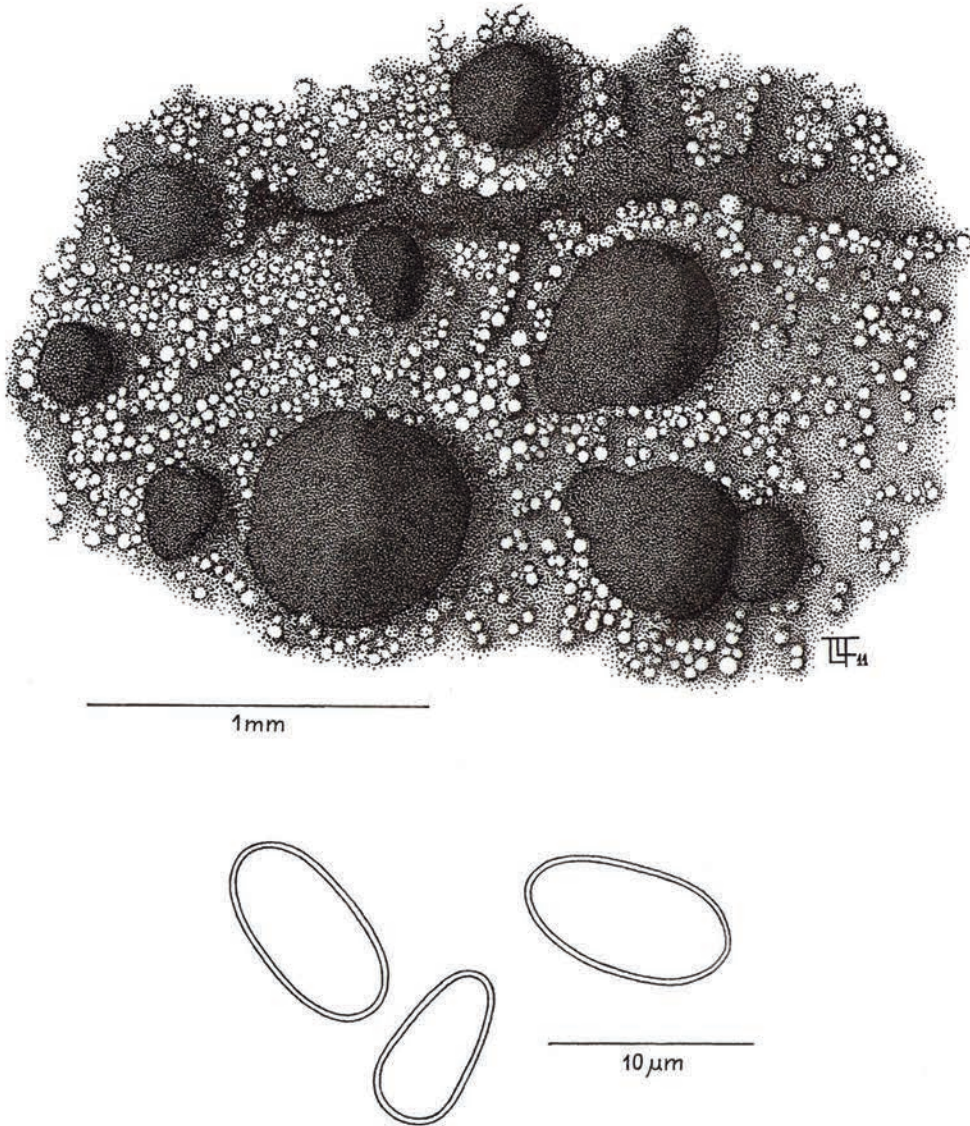


Figura 6. *Pyrrhospora quernei* (Dicks.) Körb.

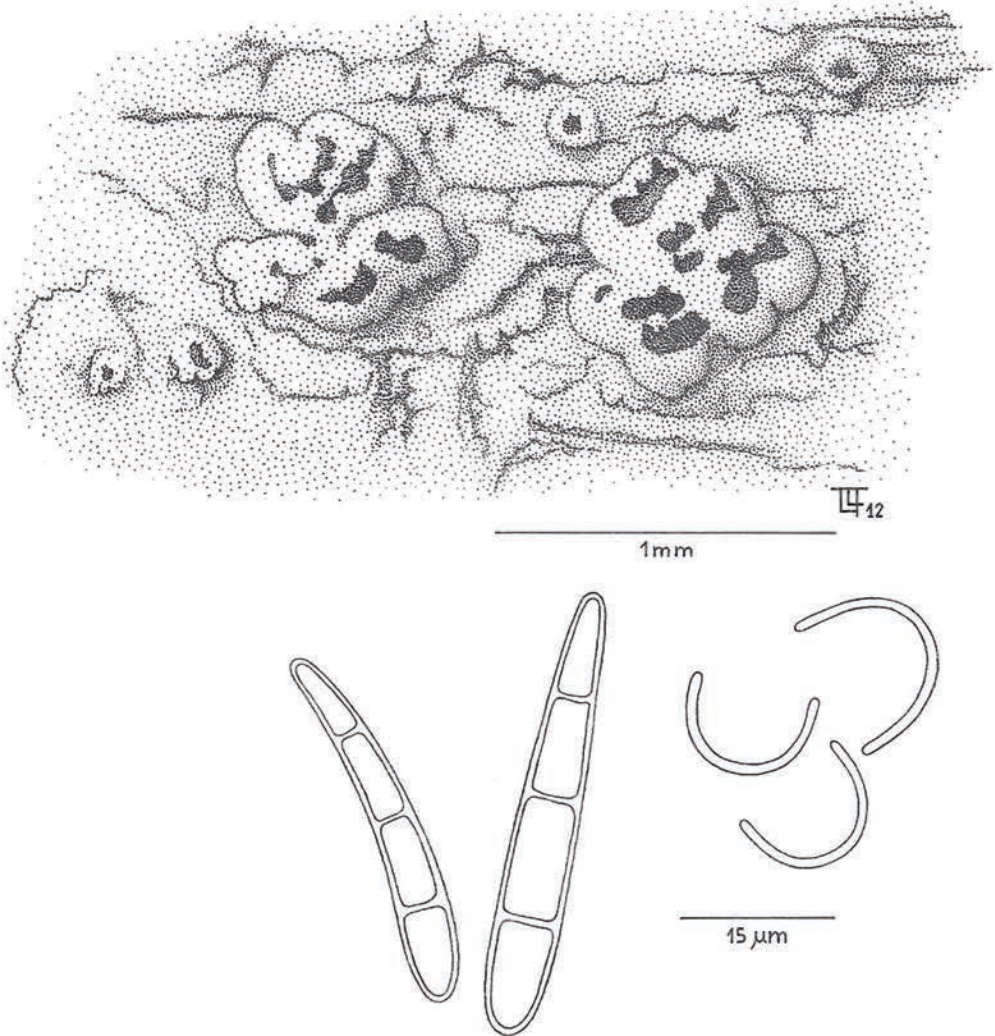


Figura 7. *Synnesia myrticola* (Fée) Tehler var. *myrticola*.

FONGS NO LIQUENITZATS

Liquenícoles:

Lichenodiplis lecanorae (Vouaux) Dyko et D. Hawksw. (loc.: 10, 14, 24) (Fig. 8)

Skyttea heterochroae Nav.-Ros. et Muñiz (loc.: 3) (Fig. 9)

Sphaerellothecium parietinarium (Linds.)

Hafellner et Volo. John [Syn. *Endococcus parietinarius* (Linds.) Clauzade et Roux] (loc.: 19)

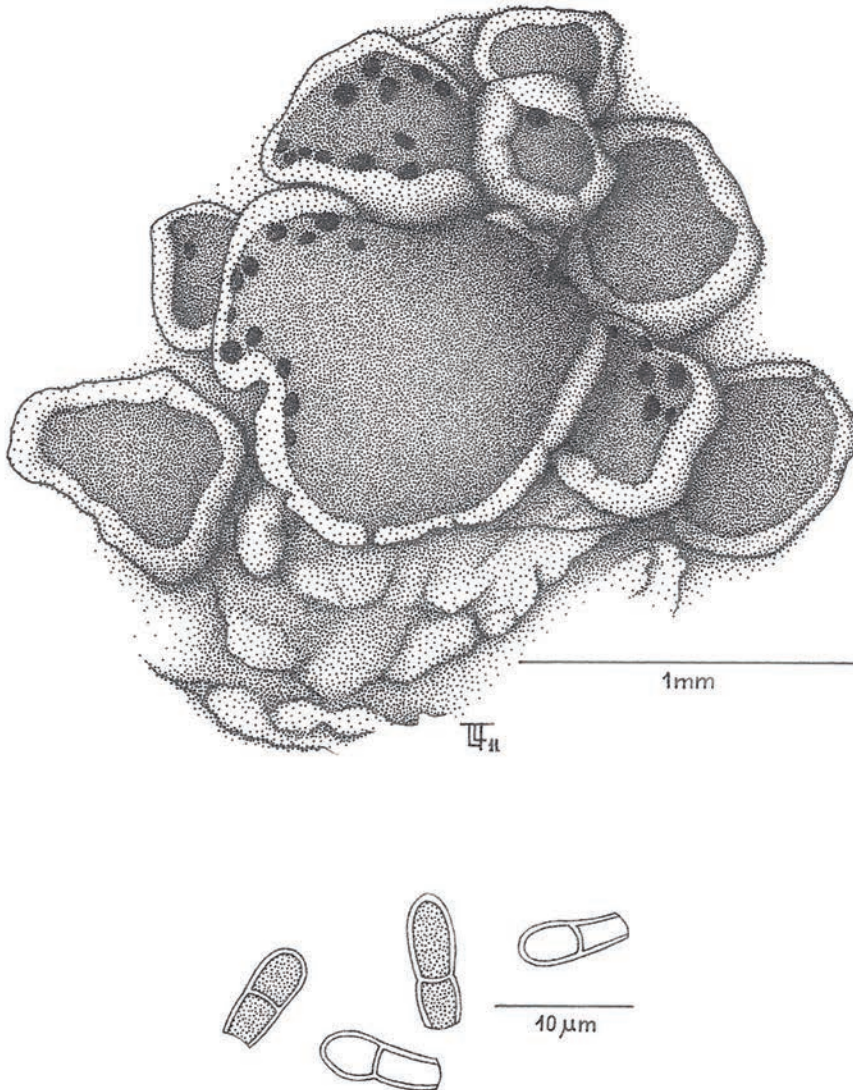


Figura 8. *Lichenodiplis lecanorae* (Vouaux) Dyko i D. Hawksw., parasitant *Lecanora horiza*.

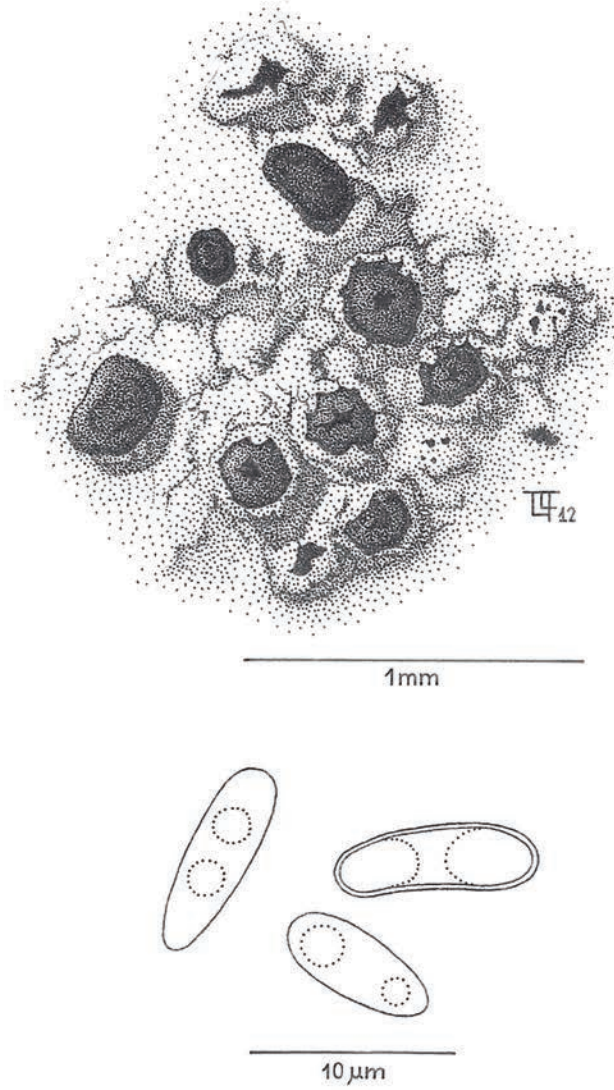


Figura 9. *Unguiculariopsis thallophila* (P. Karst.) W. Y. Zhuang, parasitant *Pertusaria heterochroa*.

No líquenícòles:

Botryosphaeria sp. (loc.: 10)

Gloniopsis praelonga (Schwein.) Underw. et Earle (loc.: 16)

Els líquens epífits d'aquest indret també són propis de la regió mediterrània. Del 65% amb distribució mediterrània, el 29% són de distribució termomediterrània. El 34% restant són líquens d'ampla distribució.

Els gèneres més freqüents són: *Ramalina* 10%, *Arthonia* 7%, *Caloplaca* 7%, i *Opegrapha* 7%, la resta de gèneres no supera, en el millor dels casos, el 5%.

Respecte a la morfologia tal·lina, els líquens crustacis representen el 83%, els foliacis el 5% i els fruticulosos el 12%. Aquestes proporcions d'epífits, la manca de gèneres com *Parmelia*, *Usnea*, etc., així com la mida reduïda dels tal·lus dels líquens catalogats, no fan més que evidenciar les característiques d'aquest indret apuntades abans, respecte a les severes condicions climàtiques, que prèviament han condicionat el tipus de vegetació llenyosa que actua com a foròfit, que ja hem comentat .

Com es pot veure al catàleg, els líquens més freqüents són un complexa format per espècies pròpies de l'àrea, i fins i tot termomediterrànies i costaneres, com: *Ramalina canariensis*, *Dirina ceratoniae*, *Arthrosporum populorum*, *Bactrospora patellarioides*, *Opegrapha ochrocincta*, *Caloplaca aegatica*, etc. També espècies d'ampla distribució i/o nitròfiles, com: *Lecanora chlarotera*, *Athallia holocarpa*, *Xanthoria parietina*, *Diploicia canescens*, etc.

A la Taula I es relacionen els tàxons catalogats als diferents foròfits estudiats. Els foròfits amb escorces més o manco llises com *Pistacia lentiscus*, *Juniperus phoenicea*, *Ficus carica*, etc., reuneixen característiques favorables per esser colonitzats per líquens, que en diversos casos són típics d'aquests tipus d'escorça, com: *Arthonia atra*, *Arthothelium sardoum*, *Arthrosporum populorum*, *Pyrenula chlorospila*, etc.

El que hem comentat dels líquens saxícoles, respecte a la manca d'estudis, també es aplicable als líquens epífits. Si bé Llimona (1976) dona a conèixer 19 espècies, 13 de les quals són epífites, dels 41 líquens epífits que catalogarem, 10 foren cites noves per a les illes Balears.

Taula I. Nombre d'espècies per foròfit.

FORÒFITS	NOMBRE D'ESPÈCIES
<i>Ephedra fragilis</i>	9
<i>Erica multiflora</i>	8
<i>Euphorbia dendroides</i>	4
<i>Ficus carica</i>	17
<i>Juniperus phoenicea</i>	20
<i>Micromeria filiformis</i>	3
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	8
<i>Phillyrea angustifolia</i>	7
<i>Pinus halepensis</i>	11
<i>Pistacia lentiscus</i>	25
<i>Rosmarinus officinalis</i>	7
Fusta de foròfit no identificat	7

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.) 1993. Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera, CSIC- Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2. 778 pp.
- Ariño, X., Ortega-Calvo, J.J., Gómez-Bolea, A. et Saiz-Jiménez, C. 1995. Lichen colonization of the Roman pavement at Baelo Claudia (Cadiz, Spain): Biodeterioration vs. bioprotection. *Sci. Total Environ.*, 167, 353-363.
- Chen, J., Blume, H.P. i Beyer, L. 2000. Weathering of rocks induced by lichen colonization, a review. *Catena*, 39: 121-146.
- Clauzade, G. i Roux, CL. 1985. Likenoj de Okcidenta Europo. Ikustrita determinlibro. Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, nouv. sér. 7, 893 pp. Royan.
- Fiol, L.A., 1983. Estudi del poblament florístic de l'habitació urbana de Palma de Mallorca. Tesi de llicenciatura, 225 pp. Universitat de les Illes Balears.
http://ibdigital.uib.cat/greenstone/collect/memoriesUIB/index/assoc/Fiol_Mor.dir/Fiol_Mora_Lluis.pdf
- Fiol, L.A., Fornós, J. i Ginés, A. 1992. El *Rillenkarren*: Un tipus peculiar de biocarst? Primeres dades. *Endins*, 17-18: 43-49.
- Fiol, L.A. 2011. Líquens saxícoles calcícoles de Mallorca i Cabrera. Control biològic del procés de meteorització de les roques calcàries. Tesi doctoral, 264 pp. Universitat de les Illes Balears. <http://hdl.handle.net/10803/37480>
- Fiol, L.A. 2013. Líquens i fongs no liquenitzats epífits de l'arxipèlag de Cabrera (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 56: 77-95.
- Fry, E.J. 1927. The mechanical action of crustaceous lichens on substrata of shale, schist, gneiss, limestone and obsidian. *Ann. Bot.*, 41: 437-463.
- Ginés, A. 1993. Morfologies exocàrstiques. *In*: Alcover, J. A., Ballesteros, E. et Fornós, J. J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 153-160.
- Gómez-Alarcón, G., Muñoz, M., Ariño, X. i Ortega-Calvo, J.J. 1995. Microbial communities in weathered sandstones: the case of Carrascosa del Campo church, Spain. *Science of the Total Environment*, 167: 249-254.
- Jacks, G.V., 1953. Organic weathering. *Sci. Prog.* 41: 301-305.
- Jansà, A. i Guijarro, J.A. 2018. Climatologia de l'arxipèlag de Cabrera. *In*: Fornós, J.J.; Grau, A.; Mateu, G.; Oliver, P. et Terrassa, B. (eds.), *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural, Direcció General de R+I – Mon. Soc. Hist. Nat. Balears* 30. Pàgines de la present monografia.
- Kirk, P.M. 2018. Species Fungorum (versión Oct 2017). *In*: Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., De Walt R.E., Decock W., De Wever A., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., (eds.) (2018). Species 2000 i ITIS Catalogue of Life, 28th March 2018. Digital resource at www.catalogueoflife.org/col. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-8858.
- Krumbein, W.E., 1972. Rôle des microorganismes dans la genèse, la diagenèse et la dégradation des roches en place. *Rev. Êcol. Biol. Sol.*, 9: 283-319.
- Lallemant, R. i Deruelle, S. 1978. Présence de lichens sur les monuments en pierre. Nuisance ou protection? *Int. Symp. on Deter. and Protec. of stone monuments*, Paris.
- Llimona, X. 1976. Vegetació Lliquènica. *In*: Impressions sobre la vegetació de l'illa de Cabrera. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 7: 123-137.
- Llimona, X. 1981. Les adaptacions dels líquens a les zones àrides. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 46 (Sec. Bot., 4):19-23.
- Nimis, P.L. 1993. The lichens of Italy. An annotated catalogue. 897 pp. Museo Regionale di Scienze Naturali. Torino.
- Pohl, W. i Schneider, J. 2002. Impact of endolithic biofilms on carbonate rock surfaces. *In*: Siegesmund, S., Weiss, T. et Vollbrecht, A. (eds), *Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategie and Case Studies*. Geological Society, London. Special Publications, 205: 177-194.
- Pomar, L. i Calvet, F. 1974. Nota previa sobre el análisis comparativo de elementos traza en las aguas de escorrentía superficial, como indicadores de la acción alterante de microorganismos. *Bol. Soc. Hist. Nat. Bal.* 18: 115-138.
- Pomar, L., Esteban, M., Llimona, X. i Fontarnau, R. 1975. Acción de líquenes, algas y hongos en la telodiagénesis de las rocas carbonatadas de la zona litoral prelitoral catalana. Instituto de Investigación Geológicas. Universidad de Barcelona, 30: 83-117.
- Rita, J. i Bibiloni, G. 1993. La Vegetació. *In*: Alcover, J. A., Ballesteros, E. i Fornós, J. J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 207-256.
- Rogers, F.W. 1977. Lichens of Hot Arid and Semiarid Lands. *In*: *Lichen Ecology* (M. R. D. Seaward, ed.), pp. 211-252. Academic Press. London.
- Roux C. i coll., 2017. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 2e édition revue et augmentée (2017). Edit. Association française de lichenologie (A. F. L.), Fontainebleau, 1581 p.
- Sand, W. 1997. Microbial mechanisms of deterioration of inorganic substrates - a general mechanistic overview. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 40: 183-190.
- Servera, J., 1993. Generalitats fisiogràfiques. *In*: Alcover, J. A., Ballesteros, E. et Fornós, J. J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 25-32.
- Sollàs, W.J. 1880. On the action of a lichen on a limestone. Report of the British Association for the Advancement of Science, 586.

LES PLANTES DESTACABLES DEL PARC NACIONAL DE CABRERA

Jaume Seguí

Grup de Recerca del Canvi Global,
Institut Mediterrani d'Estudis
Avançats (CSIC),
Esporles, Illes Balears.

jaime.segui.colomar@gmail.com

Juan Rita

Departament de Biologia. Universitat
de les Illes Balears (UIB),
Palma, Illes Balears.

Anna Traveset

Grup de Recerca del Canvi Global,
Institut Mediterrani d'Estudis
Avançats (CSIC),
Esporles, Illes Balears.

Seguí J., Rita J., Traveset A. (2020). Les plantes destacables de l'arxipèlag de Cabrera *in*: Grau A.M., Fornós J.J., Mateu G., Oliver P.A. i Terrasa B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 30. 738 pp ISBN: 978-84-09-23487-5 . Palma (Balears).

RESUM

La flora de l'arxipèlag de Cabrera històricament ha rebut poca atenció científica, degut a la seva aparent poca diversitat, i a ser en part eclipsada per la important riquesa marina. Malgrat aquest fet, la flora del Parc, amb prop de 500 espècies, presenta una alta riquesa, amb un alt interès biogeogràfic (endemismes caprariencs, gimnèsics, tirrènics i del sud-est peninsular) i ecològic (amb interaccions ecològiques singulars). Quant a les plantes exòtiques e invasores, amb unes 26 espècies, tot i que caldria revisar de manera periòdica el seu estat, a hores d'ara cap d'elles representa un problema ecològic destacable, centrant-se la seva gran majoria a la zona del port i el campament. En definitiva, sense pràcticament perturbacions antròpiques, la flora del Parc Nacional de Cabrera presenta un bon estat de conservació, i resulta un laboratori excel·lent a l'aire lliure per a poder estudiar com es van adaptant les diferents espècies a les noves condicions, tant ecològiques com climàtiques.

Paraules clau: *Endemisme, raresa, espècie invasora, espècie exòtica, Mediterrània, illots*

ABSTRACT

The flora of Cabrera Archipelago historically has received little scientific attention, due to its apparent little diversity and because it has been partly eclipsed by the important marine richness. In spite of this, the park's flora is quite rich, with c.500 species, with a high biogeographic interest (with endemic species to Cabrera, Gymnesians, thyrerrenian area, and South-Eastern Iberian Peninsula) and also ecological interest (with unique ecological interactions). As for the alien and invasive plants, about 26 species, have been recorded, although it is necessary to periodically review their status. Currently, none of them represents an important ecological problem, being most of them restricted to the harbor area and military camp. In short, without practically anthropogenic disturbances, the flora of Cabrera National Park presents a good status of conservation, being an excellent outdoor laboratory to study how different species are adapting to the new conditions, both ecological and climatic.

Keywords: *Endemism, rarity, exotic species, invasive species, Mediterranean, islets*

INTRODUCCIÓ

L'arxipèlag de Cabrera, ja sigui per la dificultat d'accés a l'època, o bé per la seva aparent uniformitat (enganyosa) i poca alçada, va suscitar poc interès en els primers botànics que exploraren la flora de les Illes Balears. La primera expedició botànica amb prou amplitud no es va produir fins al 1933, per part del botànic Antoni Marcos, de l'Institut Botànic de Barcelona, qui va contribuir al coneixement de la flora de Cabrera i dels illots pròxims (Marcos, 1936). Temps enrere, alguns botànics, com el català Frederic Trèmols, els francesos Paul Marès i Guillaume Vagineix i el nord-

americà Herman Knoche havien fet estades curtes –de tant sols un dia– a Cabrera, sense entrar en detall en la seva flora. Degut a aquest fet, en Knoche les anomenà “les illes oubliées” (Knoche, 1923). Avui en dia, la flora del Parc Nacional, amb prop de 500 espècies vasculares (Bibiloni *et al.*, 1993; Bibiloni i Rita, 2000), es coneix prou abastament per ja poder valorar la seva riquesa florística i les seves espècies més emblemàtiques. Si bé podríem dir que la flora cabrerenc no destaca per la seva riquesa d'espècies, essent la gran majoria espècies representatives i comunes de les bosquines, màquies i matollars escleròfils mediterranis, sí que destaca pel gran nombre d'espècies amb un alt interès biogeogràfic. Així, hi trobem endemismes de distribució gimnèsica, com la palònia (*Paeonia cambessedesii* (Willk.) Willk.), la palònia blanca (*Helleborus lividus* Aiton ex Curtis) i el llampúdol bord (*Rhamnus ludovici-salvatoris* Chodat), endemismes amb afinitats eivissenques i del sud-est peninsular, com la bufera borda (*Withania frutescens* (L.) Pauquy), *Diploaxis ibicensis* (Pau) Gómez-Campo i *Medicago citrina* (Font Quer) Greuter, i finalment endemismes tirrènics, com *Helicodiceros muscivorus* (L.f.) Engl., *Bellium bellidioides* L. i *Micromeria filiformis*. (Aiton) Benth. Aquest fet és degut a la posició estratègica de l'arxipèlag, entre les illes Gimnèsiques i les Pitiüses, i per presentar màquies amb una estructura i composició ben diferents de les que s'acostumen a veure a les parts mes termòfiles de Mallorca. N'hi ha prou en donar un primer cop d'ull a Cabrera per adonar-nos que a la màquia existeixen espècies dominants que no acostumen a ser-ho a les illes principals de les Balears. Aquest fet es deu, en gran mesura, i en especial en els darrers anys, a la menor acció de l'home al Parc Nacional (per exemple fa més de 50 anys que Cabrera no es crema), i a l'absència de grans herbívors (tot i que les cabres i les ovelles hi han estat presents fins fa relativament poc). A més, a Cabrera hi ha una fauna particular que té un efecte directe sobre la vegetació i que pot estar influïent sobre la presència i abundància de diferents espècies a l'illa. Així, per exemple, la sargantana balear (*Podarcis lilfordi* Günther) ha mostrat ser força important en la pol·linització i dispersió d'un bon nombre de plantes presents a Cabrera, com són la lletrera arbòria, *Euphorbia dendroides* L. (Traveset i Sáez, 1997), l'escanyacabres, *Cneorum tricoccon* L. (Traveset, 1995), o la ginesta borda, *Ephedra fragilis* Desf. (Celedón-Neghme *et al.*, 2016; Fuster i Traveset, 2019a), entre altres (Pérez-Mellado i Corti, 1993; Pérez-Mellado i Traveset, 1999).

MÈTODES

En aquest article destacarem les espècies més emblemàtiques, rares i amenaçades dels diferents hàbitats de l'arxipèlag de Cabrera, que li donen un alt valor naturalístic i ecològic, així com també les espècies exòtiques i de caràcter invasor que han arribat al Parc de manera accidental, presumiblement per part de l'home.

Considerem plantes emblemàtiques i destacables aquelles que tenen un important paper en la conformació de la vegetació de Cabrera, o bé que presenten un caràcter ecològic o biogeogràfic singular de l'arxipèlag. Per espècies invasores considerem aquelles que tenen un alt potencial d'expansió i/o de produir canvis significatius sobre els ecosistemes, en termes de composició, estructura i processos.

Quant a la nomenclatura, sempre confusa degut als constants canvis i a l'abundància de sinònims, hem optat per seguir la proposada per *The Plant List* (<http://www.theplantlist.org/>).

Per a la realització de l'article s'ha fet una recerca exhaustiva de tots els articles publicats referent al Parc Nacional de Cabrera de caràcter botànic i ecològic, fins a juny de 2019, a través de la base de dades *Web Of Science* i *Scopus*. També s'han consultat tots els informes de que disposava el Parc Nacional, referents a la part terrestre de l'arxipèlag. Per últim, s'han tingut en compte les observacions dutes a terme tant pels autors de l'article com pel personal del Parc Nacional.

RESULTATS

PLANTES DESTACABLES DE LES MÀQUIES DE CABRERA GRAN

La màquia de Cabrera, a l'igual que a la resta de les Balears, es troba dominada pel llentiscle (*Pistacia lentiscus* L.), l'ullastre (*Olea europaea* L.), i el pi (*Pinus halepensis* Mill.). Aquest darrer és cada cop un component més important del paisatge, sobretot des de la desaparició de les pràctiques de carboneig i la pastura de ramat domèstic. Actualment, les àrees amb menys riquesa florística de l'illa són precisament les de la pineda, per la qual cosa la colonització de nous espais en el futur segurament produirà encara més canvis en la vegetació de l'illa (Rita *et al.*, 2020). Però a part d'aquestes espècies dominants, les màquies de Cabrera Gran presenten unes espècies acompanyants que li donen una coloració, una estructura i un interès molt especial. Aquestes espècies són:

La lletrera arbòria (*E. dendroides*), un dels arbusts (nanofaneròfits) més característics de les màquies de l'illa Gran de Cabrera (Fig. 1), en especial del sector nord-oest de l'illa. Dins l'arxipèlag de Balears, la trobem a Mallorca, Menorca, i a Es Vedrà, a part de a Cabrera. A la Península Ibèrica tan sols la trobem a la zona nord de Girona. Es tracta de la lletrera més gran de les Balears, pròpia de vessants termòfiles atemperades per la influència de vents d'origen marí. Degut als canvis cromàtics que experimenta al llarg de l'any, és un component molt característic del paisatge de Cabrera, ja que durant l'època humida presenta un color verd clar, i en canvi, a l'estació seca, les fulles es van envermellint fins caure completament i deixar la planta completament nua.



Figura 1. La lletrera arbòria (*E. dendroides*) en flor a l'illa de Cabrera Gran.

La savina (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* (Guss.) Parl.), juntament amb la ginesta borda (*E. fragilis*) i l'escanyacabres (*C. tricoccon*) són espècies ben abundants de la màquia litoral de Cabrera, a diferència de Mallorca, on la seva presència sol ser més limitada. En el cas de la savina, aquest fet és degut, en part, a l'interès que històricament ha tingut aquesta espècie per l'home, que ha fet decaure la seva abundància a les illes habitades. En el cas de la ginesta borda i l'escanyacabres, sabem que les sargantanes són importants agents pol·linitzadors i dispersors dels seus gàbuls i fruits, ambdós amb una coberta una mica carnosa (Traveset, 1995; Celedón-Neghme *et al.*, 2016; Fuster i Traveset 2019a; Fuster i Traveset, 2019b) i és possible que juguin un paper crucial en el seu manteniment a

Cabrera, donada l'alta densitat de sargantanes a Cabrera Gran (Pérez-Mellado *et al.*, 2008).

Un altre arbust emblemàtic del Parc Nacional és, sens dubte, el llampúdol bord (*R. ludovicisalvatoris*). A diferència de Mallorca, on tant sols apareix esporàdicament a les màquies de la Serra de Tramuntana i Serra de Llevant, aquest arbust és una de les espècies més representatives de les màquies escleròfil·les de Cabrera. Aquest arbust és també dispersat per sargantanes (Traveset, obs. pers.) a més de per ocells (Traveset, 1993, Traveset *et al.*, 2005). Sabem que és una espècie vulnerable a les perturbacions i inclús al canvi climàtic (Gulías *et al.*, 2002, Lázaro-Nogal *et al.*, 2013) i és possible que la seva distribució a Cabrera s'hagi modificat molt amb tots els canvis provocats pels diferents assentaments humans.

El boix (*Buxus balearica* Lam.) és un arbust endèmic de la Mediterrània (N d'Àfrica, S de la Península Ibèrica, Sardenya, Turquia i Mallorca) d'alt valor biogeogràfic, relíquia d'èpoques més fredes que l'actual. Tot i que a Mallorca la seva àrea de distribució es gairebé exclusiva de les muntanyes més altes de la Serra de Tramuntana, curiosament també la podem trobar a Cabrera Gran (principalment per la zona d'Es Cap Ventós, al Cap de Llebeig i a Cala Emboixar, a la qual li dona nom) degut a la compensació hídrica que ofereix la influència de la mar, i a la menor acció de l'home, el qual va reduir dràsticament la seva abundància i distribució a les altres illes (Pérez-Obiol *et al.*, 1996). Per tant, aquesta singularitat fa que sigui indispensable protegir les poblacions caprarienses d'amenaques, com la de l'invasora eruga del boix (*Cydalima perspectalis* Walker), que es sap que ja està afectant a les poblacions naturals de boix de Mallorca i de Cabrera. Per altra banda, hi ha evidències de que l'extingit *Myotragus balearicus* Bate, documentat a Cabrera a partir de restes fòssils (Alcover *et al.*, 1997), incloïa el boix a la seva dieta, la qual cosa ens pot suggerir que aquesta espècie era abundant al Parc en el passat.

Malgrat es troba present a tota la Mediterrània, també cal destacar l'abundància de la canyaferla (*Ferula communis* L.) a les màquies de Cabrera Gran. Aquesta espècie, curiosament, és molt rara a Mallorca. Les seves grans, de vegades de més de 2 m, inflorescències de flors grogues, tenen una presència important i caracteritzen el paisatge de Cabrera a la primavera; en assecar-se, les tiges queden seques i es mantenen dretes durant bastant de temps. La canyaferla, amb el seu abundant nèctar, ha mostrat ser una important font de glucosa per a les aus migratòries transsaharianes durant les seves aturades primaverals a la Mediterrània (Cecere *et al.*, 2011). Entre aquestes aus oportunistes consumidores de nèctar hi destaquen els busquerets (*Sylvia* spp.) i els ulls de bou (*Phylloscopus* spp.) (Da Silva *et al.*, 2014).

Sota els penyals ombrívols unes, o cercant la seva protecció dels arbusts altres, podem trobar -de manera localment abundant- una sèrie d'endemismes de gran interès, encara que tenen poca importància paisatgística. Aquestes són: la palònia (*P. cambessedesii*) i la palònia blanca (*H. lividus*), que presenten les poblacions més meridionals i disjunctes de l'espècie a Cabrera, a més d'un endemisme tirrènic, la rapa mosquera (*H. muscivorus*), una de les espècies vegetals més espectaculars de la nostra flora, degut a la seva forma inversemblant de la seva inflorescència (Fig. 2). Les flors de la rapa mosquera són autèntiques trampes per caçar mosques, les quals fan la funció de pol·linitzadors; les flors emeten una olor pudenta que recorda a la de carn en descomposició, i atrau tant a les mosques com a les sargantanes que s'alimenten d'aquestes (Pérez-Cembrano *et al.*, 2017). Els fruits són consumits per sargantanes, les quals dispersen les llavors de forma efectiva, tal i com s'ha demostrat a l'illa de l'Aire al sud de Menorca (Pérez-Mellado *et al.*, 2000).

PLANTES DESTACABLES DE LA COSTA DE CABRERA

La primera línia de costa, d'amplada molt variable depenent de les característiques geomorfològiques i l'orientació, es troba dominada principalment per saladines, principalment *Limonium caprariense* (Font Quer i Marcos) Pignatti, endemisme trobat per primer cop a Cabrera (d'aquí el seu nom) per n'Antoni Marcos i en Pius Font i Quer, i descrit per en Sandro Pignatti (Pignatti, 1955), i posteriorment trobat també al sud de Mallorca. A les enclotxes de les roques de les zones litorals també podem trobar una petita planta herbàcia endèmica (de les illes Gimnèsiques), poc aparent però ben interessant, el *Polycarpon polycarpoides* (Biv.) Jah. subsp. *colomense* (Porta) Pedrol.



Figura 2. Inflorescència de la rapa mosquera (*Helicodiceros muscivorus*).



Figura 3. *Astragalus balearicus* i *Dorycnium fulgurans* coexistent a la costa de Cabrera.

Seguit de les saladines, podem trobar tota una sèrie de coixinets espinosos endèmics de les Balears, formant matollars baixos i poc densos, encara que alguns d'ells no són exclusius de la zona litoral. En podem destacar principalment tres: *Astragalus balearicus* Chater, *Dorycnium fulgurans* (Porta) Lassen i *Teucrium subspinosum* Pourr. ex Willd. (la nomenclatura d'aquesta darrera espècie és controvertida, aquí seguim la proposada per Castroviejo i Bayón, 1989). Les dues primeres (Fig. 3) tenen importants poblacions a Cabrera i també a Mallorca i Menorca. És interessant que les dues poblacions de *D. fulgurans* de Mallorca es troben molt distants unes d'altres; és abundant al Far de Formentor i hi ha una petita població (gairebé desapareguda) a la costa de Calvià (Punta Prima). Per tant, les poblacions de Cabrera es troben particularment separades de qualsevol altre, i això fa que sigui més interessant i intrigant la seva presència al Parc Nacional. Hi ha una cita antiga de la presència a Cabrera de *Launaea cervicornis* (Boiss.) Font Quer i Rothm., el coixinet litoral més comú a Mallorca i Menorca, però que no ha pogut ser confirmada en inventaris posteriorment; aquesta distribució també resultaria sorprenent i difícil d'explicar. Un altre coixinet litoral molt interessant és *T. subspinosum*, espècie molt propera a *Teucrium marum* L., que viu a Còrsega, Sardenya i la península italiana. Curiosament, *T. subspinosum* es troba a Menorca i Cabrera però no a Mallorca, on viu *Teucrium balearicum* (Coss. ex Pau) Castrov. i Bayon, una espècie molt semblant però molt més compacta i espinescent que la de Cabrera. Finalment, entre els coixinets espinosos i les enclotxes de les roques, i per tant difícil d'observar, també hi destaquem una petita lletrera perenne, *Euphorbia maresii* Knoch subsp. *maresii*, endèmica de les Illes Gimnèsiques, present a Cabrera al sectors sud i est.

PLANTES DESTACABLES DELS ILLOTS



Figura 4. Les dues plantes més singulars dels illots del Parc Nacional de Cabrera; *Medicago citrina* i *Beta vulgaris* var. *marcosii*.

En els illots del Parc Nacional, les comunitats més representatives són les subarbuscules nitrohalòfiles, associades a la combinació de l'esprai salí i la nitrificació del substrat causada per les aportacions de guano de les colònies d'ocells marins. A les parts més altes dels illots més importants, com l'illa dels Conills i na Redona, hi trobem també màquies, en les que durant la tardor hi destaquen

les abundants assutzenes bordes (*Narcissus tazetta* L.) en flor. Les espècies més característiques d'aquestes comunitats nitro-halòfiles als illots són les malves (*Lavatera arborea*, *L. maritima* L. i *Malva subovata* (DC.) Molero i J.M.Monts.), el salat ver (*Suaeda vera* Forssk. ex J.F.Gmel.) i la sosa grossa (*Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott). En alguns illots (Ses Bledes, Estells de Dos Colls i Estells de Fora), aquesta comunitat està caracteritzada per dos tàxons subendèmics: *Medicago citrina* (Font Quer) Greuter i *Beta vulgaris* var. *marcosii* O.Bolòs i Vigo (Fig. 4). Es considera que aquestes àrees disjunctes associades a petites illes s'han originat per una contracció d'una àrea de distribució molt major que l'actual, degut al costum estès per tot el Mediterrani d'utilitzar els illots per a mantenir poblacions de cabres i ovelles, a més de la introducció d'altres herbívors com conills i rates que tenen un impacte notable sobre aquestes espècies (Bibiloni i Rita, 2000). Possiblement aquestes dues espècies es trobaven presents a altres illots de l'arxipèlag, ja que aquesta mateixa comunitat reapareix en altres petits illots de les Pitiüses i els Columbrets.

A les màquies d'aquests illots hi trobem un arbust propi de zones nitro-halòfiles, la bufera borda (*W. frutescens*), un arbust endèmic del Mediterrani occidental i típic d'illots, que presenta a Cabrera el seu límit septentrional. La bufera borda desenvolupa el seu òptim ecològic a la zona de trànsit entre la màquia escleròfil·la d'ullastre i llentiscle i els matolls nitrohalòfils de *Suaeda* i *Sarcocornia*, on es pot fer molt densa, juntament amb la ginesta borda (*E. fragilis*) i el Mantell de la Verge Maria (*Fagonia cretica* L.) (Rita i Bibiloni, 1993). Una altra espècie, típica dels illots i de distribució restringida a Balears i algunes localitats de la costa del llevant de la Península Ibèrica, és *D. ibicensis*, una crucífera de flors grogues, que viu preferentment a les zones litorals de les Pitiüses i a molt illots de Cabrera i Mallorca.

ESPÈCIES DESTACABLES PER LA SEVA RARESA I/O ENDEMICITAT

Degut a la seva singularitat corològica, hi podem destacar tres endemismes de les Balears:

El primer és *Allium antoni-bolosii* P.Palau, un petit all endèmic de les Balears orientals, incloent l'illa de Cabrera, d'on va ser descrita per primer cop. Va ser trobada i descrita per en Palau Ferrer durant les seves incursions botàniques a Cabrera a mitjans del s. XX., dedicant la planta al Dr. Antoni de Bolòs, que va ser Director de l'Institut Botànic de Barcelona. Es tracta d'un endemisme molt particular perquè floreix en ple estiu entre les encletxes de la roca calcària, fet que fa que sigui difícil d'observar (malgrat ser localment abundant). A Mallorca es trobà posteriorment de forma accidental, quan en Llorenç Garcies Font envià al botànic sollerí Jeroni Orell un cossiòl amb un individu de l'endèmica *Romulea columnae* Sebast. i Mauri, procedent d'Artà, i on casualment li va créixer un individu d'un all desconegut, que va acabar sent *A. antoni-bolosii*; això els va fer sospitar que aquest endemisme també es devia trobar a Artà, i a altres punts de Mallorca. Posteriorment s'han confirmat més poblacions a Artà, Cap de Formentor, Andratx, Dragonera i Menorca.

El segon endemisme és la rotgeta (*Rubia balearica* subsp. *caespitosa* (Font Quer i Marcos) Rosselló, L.Sàez i Mus), la qual es pot considerar com la 'joia' de Cabrera, ja que és l'únic endemisme exclusiu de tot l'arxipèlag. Es tracta d'un bon exemple d'especiació insular, ja que possiblement evolucionà en temps recents a partir d'una altra subespècie endèmica de rotgeta, també present a l'illa de Cabrera, la *R. balearica* subsp. *balearica*. Aquesta es diferencia per tenir les fulles més estretament linears i per presentar hàbitat cespitos, visquent entre les roques a prop de la mar. Aquest endemisme no està molt estès a Cabrera, trobant-se present de forma puntual a tota la costa meridional de l'illa, entre el Cap de sa Guàtlera (davant de l'Imperial) fins a Enciola, i també a la costa de ponent fins al Cap Llebeig. Aquesta planta està qualificada com en Perill d'Extinció als llibres vermells de la flora balear, malgrat no està específicament protegida (Sàez *et al.*, 2017).

Finalment, l'altre endemisme és una motxa endèmica de les Balears, *Ononis crispa* L., pròpia de zones rocoses del litoral, que a Cabrera Gran presenta quatre poblacions de gran interès biogeogràfic, ja que aquesta espècie tan sols es troba present a Menorca i a Cabrera, però no a Mallorca. A més, les quatre poblacions conegudes de Cabrera (Morobutí, Morro d'en Tià, Sa Dent i Ses Pedreres), degut a un fort temporal ocorregut durant l'hivern de 2016, van sofrir un important retrocés, desapareixent per complet la població de Morobutí, i quedant menys d'una dotzena d'individus a

la població de les Pedreres (Fig. 5). Durant l'any 2018 s'ha efectuat, per part del Jardí Botànic de Sóller un reforçament poblacional de la població de les Pedreres, amb l'objectiu de mantenir viable aquesta població.



Figura 5. Un dels pocs individus de *Ononis crispa* restants a Cala Santa Maria.

PLANTES EXÒTIQUES I INVASORES

Com s'ha constatat durant les darreres dècades, i en especial a partir del s. XXI, l'arribada de plantes exòtiques fora del seu rang de distribució original (principalment gràcies a l'efecte dispersor de l'home, de manera intencionada o involuntaria), i el seu posterior assentament en ecosistemes naturals, és un dels problemes ambientals més importants que afecten la conservació de la biodiversitat (UICN 2000). A més, els sistemes insulars (com és el cas de l'arxipèlag de Cabrera) són particularment sensibles a aquestes invasions, ja que a les illes hi ha una major taxa d'endemismes i moltes de les seves espècies han evolucionat sota condicions de baixa competència interespecífica, pel que poden estar mal preparades per competir amb noves espècies que arriben de fora (ISSG, 2000).

En el cas de les Illes Balears, les espècies exòtiques representen el 16% de la flora total, entre naturalitzades o subespontànies (Moragues, 2006). Un 13,8% d'aquestes espècies exòtiques (42 espècies) poden rebre la consideració d'invasores en sentit ampli, això és, amb potencial per produir canvis sobre els ecosistemes naturals i expandir-se. En canvi, en el cas de l'arxipèlag de Cabrera, les espècies exòtiques tan sols representen el voltant del 5% de la seva flora (Bibiloni i Rita, 2000; Ardiaca i Falguera, 2010; Taula I). Aquest fet es deu, entre altres motius, a la menor presència a Cabrera dels ambients més favorables per a les plantes exòtiques, com són els marges dels camins, els torrents i els camps de conreu (Moragues i Rita 2003), i a la menor freqüentació i trànsit de persones i mercaderies al Parc Nacional. Així i tot, de les 26 espècies exòtiques presents al Parc, el nombre d'espècies invasores o potencialment invasores és alt (78%, Taula I), pel que resulta important fer-hi un seguiment continuat per a controlar la seva possible expansió.

Taula I. Llistat de les plantes exòtiques observades al Parc Nacional de Cabrera.

Nº	Espècie	Caràcter
1	<i>Agave americana</i> L.	Invasor
2	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	No invasor
3	<i>Aloe maculata</i> All.	Invasor
4	<i>Amaranthus albus</i> L.	Invasor
5	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Invasor
6	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Invasor
7	<i>Aptenia cordifolia</i> (L. fil.) Schwantes	No invasor
8	<i>Artemisia arborescens</i> (Vaill.) L.	Potencialment invasor
9	<i>Carpobrotus edulis</i> L.	Invasor
10	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	Invasor
11	<i>Cyperus rotundus</i> L.	No invasor
12	<i>Datura innoxia</i> Miller	Potencialment invasor
13	<i>Datura stramonium</i> L.	Potencialment invasor
14	<i>Disphyma crassifolium</i> (L.) L. Bolus	Invasor
15	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Potencialment invasor
16	<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	No invasor
17	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	No invasor
18	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Invasor
19	<i>Iris x germanica</i> L.	No invasor
20	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.	Potencialment invasor
21	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Invasor
22	<i>Opuntia ammophila</i> Small	Invasor
23	<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Invasor
24	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Invasor
25	<i>Xanthium orientale subsp. italicum</i> (Moretti) Greuter	Potencialment invasor
26	<i>Xanthium spinosum</i> L.	Potencialment invasor

D'aquestes espècies exòtiques (Taula I), la més estesa i amb major nombre d'individus a Cabrera és la vinagrella (*Oxalis pes-caprae* L.). És originària de Sudàfrica, e introduïda de manera involuntària a la conca mediterrània i a altres zones temperades i subtropicals del món, probablement a través del transport de cítrics o com ornamental. A Europa es va introduir l'any 1806, i el 1870 a Balears (D'Austria, 1884). En canvi, no es coneix exactament l'any d'aparició d'*O. pes-caprae* a Cabrera. La vinagrella competeix de manera directa amb les espècies autòctones pels recursos (Brooks, 2001), i indirectament mitjançant efectes al·lopàtics sobre les plàntules d'altres espècies, produïts pels lixivis de la part aèria d'aquesta (Shiraishi *et al.* 2002). L'espècie es troba estesa per les antigues zones de conreu (La Vall Central, s'Espalmador i Can Feliu), a voreres de camins, i als illots de na Redona (on sembla que ja s'ha eradicat) i dels Conills (Taula II).

Taula II. Espècies de plantes exòtiques presents al Parc Nacional de Cabrera, amb les quals s'ha realitzat qualque tipus d'actuació de control o monitoratge.

Espècie	Origen	Mètode de dispersió	Observacions a Cabrera	Mètode de eradicació	Estat actual
<i>Agave americana</i>	Mèxic	Estolons i gemmes	Port i campament	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Aloe maculata</i>	Àfrica	Estolons i llavors	Capella	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Carpobrotus edulis</i>	Sudàfrica	Fragmentació i llavors	Costa d'es Pabellons, illa dels Conills	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Conyza bonariensis</i>	Neotropical	Llavors	Campament i hort de can feliu	Retirada manual i herbicides	Esporàdica
<i>Datura inoxia</i>	Neotropical	Llavors	Can Feliu	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Disphyma crassifolium</i>	Sudàfrica	Fragmentació i llavors	Na Foradada	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Heliotropium curassavicum</i>	Amèrica del Nord	Llavors	Port	Retirada manual	Esporàdica
<i>Ipomoea imperati</i>	Amèrica del Nord	Rizoma i llavors	Platja Cala Santa Maria, Caló d'es Palangres	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>	Sudàfrica	Llavors	Nord oest de l'illa dels Conills	Retirada manual i herbicides	Localment abundant
<i>Nicotiana glauca</i>	Amèrica del Sud	Llavors	Campament	Retirada manual i herbicides	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Opuntia ammophila</i>	Amèrica del Nord	Cladodis i llavors	Port	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Opuntia maxima</i>	Amèrica Central	Cladodis i llavors	Port, campament i far d'Ensiola	Retirada manual	Esporàdica, gairebé inexistent
<i>Oxalis pes-caprae</i>	Sudàfrica	Bulbs i bulbils	Antigues zones de conreu, illots (Redona i dels Conills)	Herbicides, llaurat, desbrossat i solarització	Localment abundant
<i>Xanthium spinosum</i>	Amèrica del Sud	Llavors	Campament	Retirada manual	Esporàdica

Durant els anys 2006/2007 s'inicia la cartografia de la vinagrella, i els anys 2007/2008 s'inicia una campanya de eradicació, per part de l'empresa Tragsa, fins al 2010. Es van realitzar tres tipus de tractaments a Cabrera Gran; herbicides (amb glifosat al 36%), llaurat i desbrossat, i un tractament d'herbicida amb posterior solarització (tapar rodals de vinagrella amb una lona de plàstic negre) en el cas dels illots de na Redona i dels Conills. Els resultats van ser bastant exitosos, però sense arribar a eliminar l'espècie per complet a cap de les localitats (exceptuant a na Redona), ni amb cap dels tractaments, amb un 75-90% de reducció de biomassa i nombre de bulbils al terra. Així i tot, en el cas d'aquesta invasora, l'abandonament total del camps de cultius, i l'avanç de la màquia, seria el que limitaria de manera més significativa la seva distribució al Parc.

La gran majoria de les plantes exòtiques, tal com s'observa a la taula II, es troben distribuïdes a les zones antropitzades de Cabrera Gran (port, campament, conreus abandonats, camins, etc.), i després d'una eradicació manual intensiva (i alguna aplicació puntual de herbicides) efectuada per part de Tragsa, durant els anys 2008/2009, avui en dia aquestes espècies presenten una distribució esporàdica i limitada. Així, es van eliminar un total de 850 peus d'*Agave americana* L., 41 peus de *Nicotiana glauca* Graham, i uns 500 peus d'*Opuntia maxima* Mill. Hi ha altres espècies invasores, la distribució de les quals no respon a criteris de presència humana, el que dificulta el seu control i la seva erradicació, i augmenta la seva perillositat. Per exemple, *Mesembryanthemum crystallinum* L. (Taula II; Fig. 6), una espècie originària del sud oest d'Àfrica, amb comportament invasor, ocupa un ample rodal al nord-oest de l'illa dels Conills, on el control i el seguiment és més difícil respecte a Cabrera Gran. Malgrat que a l'illa dels Conills l'espècie es va eliminar primerament de manera

manual, i posteriorment amb aplicació d'herbicides, aquesta torna a estar present, suposadament degut al banc de llavors que va quedar a la zona. Un altre cas delicat és el de *Carpobrotus edulis* (L.) N.E.Br., originària de Sudàfrica, que tot i que presenta pocs peus a la costa rocosa del nord de Cabrera Gran, entre Sa Creueta i Cap Xoriguer, i a l'illa dels Conills, la seva alta capacitat invasora fa que sigui important la persistència en l'eliminació de peus i en la cerca constant de noves poblacions. A més, degut al possible transport de llavors per part de les gavines i petits mamífers, poden aparèixer *C. edulis* i *M. crystallinum*, entre altres, en qualsevol punt de la costa, sense atendre a cap patró, per la qual cosa el seguiment i control continuat de totes aquestes espècies mencionades, serà de vital importància si volem conservar de manera satisfactòria el Parc Nacional de Cabrera. Per altra banda, algunes d'aquestes espècies presents a la Taula I poden haver estat ja erradicades per complet a dia de avui, com són els *Amaranthus* als camps de cultius, ja abandonats, o les més fàcilment controlables per les seves dimensions i ubicació accessible, com *A. americana* i *N. glauca*, mentre que altres poden haver augmentat la seva distribució, per lo que caldrà revisar aquest llistat en els pròxims anys.



Figura 6. La invasora *Mesembryanthemum crystallinum* a l'illa dels Conills.

DISCUSSIÓ

Aquest viatge per les plantes més destacables del Parc Nacional de Cabrera, ja sigui tant per la seva singularitat, abundància o raresa o bé pel seu caràcter al·lòcton, ens du inevitablement a una sèrie de reflexions i consideracions finals.

La primera és que l'escassa rellevància que s'ha donat històricament a la flora de l'arxipèlag de Cabrera, possiblement eclipsada per la molt més ampla superfície marina del Parc, res té a veure

amb la seva riquesa botànica, que s'ha vist que és ben important. Aquesta importància radica en la presència d'un gran nombre de plantes amb peculiaritats corològiques i ecològiques, que fan la flora del Parc Nacional única, com n'és el cas d'aquelles espècies que són pràcticament exclusives de l'arxipèlag, o bé d'aquelles que viuen exclusivament als illots més petits, associats als ambients nitro-halòfils.

Un altre factor a tenir en compte pel futur manteniment d'aquestes espècies que hem destacat a l'article, és la important transformació de la vegetació que s'ha produït a l'arxipèlag des de que es va declarar Parc Nacional, amb un gran avanç de les comunitats arbustives (incloent el pi blanc), en detriment de les herbàcies, fruit de l'abandonament dels antics usos humans, tal com s'ha explicat de manera detallada a un altre capítol (Rita *et al.*, 2020). Per tant, serà crucial fer un seguiment d'aquestes espècies per a veure com evolucionen les seves poblacions amb les noves condicions ecològiques, com són per exemple la desaparició del ramat oví i caprí a Cabrera Gran, o l'eliminació de vertebrats invasors (rates i conills, concretament) a alguns illots.

Quant a les plantes exòtiques e invasores, tot i que caldria revisar de manera periòdica el seu estat (degut a la gran capacitat d'aquestes espècies per reproduir-se vegetativament i dispersar-se), sí que podem dir que el seu nombre i distribució ha disminuït de manera important, i a hores d'ara cap d'elles representa un problema ecològic destacable, centrant-se la seva gran majoria a la zona del port i el campament. Així i tot, com hem comentat, és molt rellevant continuar amb les tasques de control i monitoratge, en especial d'aquelles espècies que es troben fora de la presència humana, com en el cas dels illots.

Per tant, podem considerar que la flora destacable de Cabrera presenta un bon estat de conservació, sense una especial amenaça per part de les espècies invasores, però sí amb la necessitat de revisar contínuament el seu llistat i estat, i d'estar alerta de com responen al canvi global que està sofrint el planeta (espècies invasores, canvi climàtic, etc.). Les espècies d'ambients més humits, que a Mallorca tan sols es troben presents a la zona muntanyosa, com n'és el boix, la palònia i la palònia blanca, seran important indicadores de l'efecte del canvi climàtic a la flora del Parc Nacional. En definitiva, sense pràcticament perturbacions antròpiques, el Parc Nacional de Cabrera resulta un laboratori excel·lent a l'aire lliure, per a poder estudiar com es van adaptant les diferents espècies a les noves condicions, tant ecològiques com climàtiques.

AGRAÏMENTS

Volem agrair a totes aquelles persones (treballadors del Parc Nacional en la seva majoria) que ens han facilitat documentació referent al Parc Nacional, a les que ens han aportat informació útil de diverses espècies, gràcies a les seves observacions personals, així com a aquells que ens han facilitat el desplaçament i l'allotjament a l'arxipèlag.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Font, A. i Trias, M. 1997. Primera troballa de fauna vertebrada pliocènica a Cabrera. *Endins* 21. Palma de Mallorca.
- Ardiaca i Falguera, Marta. 2010. Conservació de flora autòctona al Parc Nacional Marítim Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera. *Informe Tragsa*.
- Bibiloni, G. i Rita, J. 2000. "Flora y vegetación terrestre". En *Parque nacional del Archipiélago de Cabrera*, pp 51-86. Ed. Esfagnos. Talavera de la Reina.
- Bibiloni, G., Alomar, G. i Rita, J. 1993. Flora vascular dels illots i addicions a la flora de Cabrera gran. In Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 179-206.
- Brooks, K. 2001. Managing weeds in bushland: Soursob, Fingerleaf and Four o'clock (*Oxalis pes-caprae*, *O. glabra* and *O. purpurea*). Environmental Weeds Action Network URL: <http://www.environmentalweedsactionnetwork.org.au/>
- Castroviejo, S. i Bayón, E. 1989. Notas sobre *Teucrium marum* y sus afines de las Islas Baleares. *Anales Jard. Bot. Madrid* 47: 508
- Celedón-Neghme, C., Santamaría, L. i González-Teuber, M. 2016. The role of pollination drops in animal pollination

- in the Mediterranean gymnosperm *Ephedra fragilis* (Gnetales). *Plant Ecology*. 217, (1545-1552).
- D'Austria, S. 1884. Die Balearen-Menorca, Vol. II (Translated to Spanish in 1982). Ed. Sa Nostra, Palma de Mallorca.
- Fuster, F i Traveset, A. 2019a. Evidence for a double mutualistic interaction between a lizard and a Mediterranean gymnosperm, *Ephedra fragilis* Desf. *AoB PLANTS*. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plz001>
- Fuster, F and Traveset, A. 2019b. Importance of intraspecific variation in the pollination and seed dispersal functions of a double mutualist animal species. *Oikos*. <https://doi.org/10.1111/oik.06659>
- Gulías, J., Flexas, J., Abadía, A. i Medrano, H. 2002. Photosynthetic responses to water stress in six Mediterranean sclerophyll species: possible factors explaining the declining distribution of *Rhamnus ludovici-salvatoris*, an endemic Balearic species. *Tree Physiology* 22:687-697
- ISSG (Invasive Species Specialist Group). 2000. IUCN Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. New Zealand. Retrieved from <http://www.iucn.org/themes/ssc/pubs/policy/invasivesEng.htm>
- IUCN Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. 2000, SSC-UICN.
- Marcos, A. 1936. "Contribució al coneixement de la flora balear. Flòrula de Cabrera i dels illots pròxims". *Cavanillesia* 8 (1-7):4-52.
- Moragues, E. i Rita, J. 2003. Distribución por hábitat de plantas invasoras en ambientes insulares mediterráneos. Índice de abundancia y peligrosidad. En *Contribuciones al conocimiento de las especies exóticas invasoras en España*, pp. 203-205. *I Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras*. Ed. GEI. León.
- Moragues, E. 2006. *Flora alóctona de les Illes Balears. Ecologia de dos especies invasoras: Carpobrotus edulis y Carpobrotus aff. Acinaciformis*. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears. Inèdita. ISBN: 8469013661
- Knoche, Herman. 1923. Flora Balearica, étude phytogéographique sur les Iles Baléares. Roumégous et Déhan.
- Lazaro-Nogal, A., Forner, A., Traveset, A. i Valladares, F. 2013. Contrasting water strategies of two Mediterranean shrubs of limited distribution: uncertain future under a drier climate. *Tree Physiology*, 33(12), 1284-1295. doi:10.1093/treephys/tpt103
- Pérez-Cembranos, A, Pérez-Mellado, V. i Cooper, W.E. Balearic lizards use chemical cues from a complex deceptive mimicry to capture attracted pollinators. *Ethology*. 2018; 124: 260- 268. <https://doi.org/10.1111/eth.12728>
- Pérez-Mellado, V. i Corti, C. 1993. Dietary adaptations and herbivory in lacertid lizards of the genus *Podarcis* from western Mediterranean islands (Reptilia: Sauria). *Bonn. Zool. Beitr.* 44, 193 - 220.
- Pérez-Mellado, V. i Traveset, A. 1999. Relationships between plants and Mediterranean lizards. *Natura Croatica* 8, 275 - 285.
- Pérez-Mellado, V., Cortázar, G., López-Vicente, M., Perera, A. i Sillero, N. 2000. Interactions between the Balearic lizard, *Podarcis lilfordi* and the plant *Draunculus muscivorus*. *Amphibia-Reptilia*, 21, 223-226.
- Pérez-Mellado, V., Hernández-Estévez, J.A., García-Díez, T., Terrassa, B., Ramón, M.M., Castro, J.A., Picornell, A., Martín-Vallejo, J. i Brown, R.P. 2008. Population density in *Podarcis lilfordi* (Squamata, Lacertidae), a lizard species endemic to small islets in the Balearic Islands (Spain). *Amphibia-Reptilia*, 29, 49-60. <https://doi.org/10.1163/156853808783431587>
- Pérez-Obiol R., Yll EI., Pantaleon-Cano J. i Roure JM. 1996. Historia de *Buxus* y *Corylus* en las Islas Baleares durante el Holoceno. In: Ramil-Rego P, Fernandez-Rodriguez C, Guitian M, eds., *Biogeografía Pleistocena - Holocena de la Península Ibérica*. Xunta de Galicia, 87-97.
- Pignatti S. 1955. Limonium della flora balearica. *Arch. Bot.* 31(15): 60-100, Forlí.
- Rita J. i Bibiloni, G. 1993. "La Vegetació. Memòria del mapa de les comunitats vegetals". In Alcover J.A, Ballesteros E. i Fornós J.J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 207-255.
- Rita, J., Ruiz, M., Bibiloni G. i Traveset A. (2020) Canvis de la vegetació de l'illa de Cabrera al llarg del temps. In Ginés J, and Gómez-Pujol LL. (2020). Fisiografia i geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera *in*: AM, Fornós JJ, Mateu G, Oliver PA, Terrassa B (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30: 493-511. ISBN: 978-84-09-23487-5. Palma (Balears).
- Sáez LL, Roselló, J.A: i Fraga, P. 2017. Llibre vermell de la flora vascular de les Illes Balears. Ed Dir. Gral. d'Espais Naturals i Biodiversitat. Govern Balear. Palma
- Shiraishi, S., Watanabe, I., Kuno, K. i Fujii, Y. 2002. Allelopathic activity of leaching from dry leaves and exudate from roots of ground cover plants assayed on agar. *Weed Biology and Management*. 2. 133 - 142. 10.1046/j.1445-6664.2002.00063.x.
- Traveset A. 1993. Consum de fruits per ocells a l'illa de Cabrera (Illes Balears). *Anuari Ornitològic de les Balears* 7: 3 - 9.
- Traveset A. 1995. Seed dispersal of *Cneorum tricoccon* L.(Cneoraceae) by lizards and mammals in the Balearic island. *Acta Oecologica*. 16 (2), 171-178.
- Traveset, A. i Sáez, E. 1997. Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia* 111, 241 - 248

ELS ENDEMISMES INVERTEBRATS TERRESTRES DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Javier Pieras Sagardoy

Societat d'Història Natural de les Balears,
Palma

Guillem X. Pons

Grup de recerca BIOGEOMED, dept. de Geografia,
Universitat de les Illes Balears (UIB)

Societat d'Història Natural de les Balears,

guillemx.pons@uib.es

Pieras J. i Pons G.X. 2020. Endemismes invertebrats terrestres de l'arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

L'arxipèlag de Cabrera es localitza al sud de l'illa de Mallorca, a la Mediterrània occidental. És un espai natural caracteritzat per la seva riquesa natural, sobretot biològica. No obstant això, no hi ha cap estudi que recopilï i analitzi en profunditat la presència i distribució dels endemismes invertebrats terrestres del Parc Nacional. El present treball s'encarrega d'unificar tota la informació produïda fins al moment que es troba dispersa, aportant, a més, amb el treball de camp noves localitzacions i cartografia de la distribució específica i de conjunt de tots els endemismes. S'ha elaborat una base de dades amb informació de cada espècie, sobre localitats (amb un total de 591 ítems) i hàbitats preferents (coves i balms, pinar, garriga, zones obertes, aigües anquihalines i franja litoral) amb major densitat. Es tracta, per tant, d'un document que pot facilitar una gestió responsable de l'espai, indicant els punts calents de biodiversitat. A l'arxipèlag de Cabrera s'han comptabilitzat la presència d'un total de 46 tàxons endèmics, 10 d'ells exclusius.

Paraules clau: *Endemismes invertebrats terrestres, arxipèlag de Cabrera, distribució, cartografia, SIG*

ABSTRACT

The Cabrera archipelago is a natural area located near the southern coast of Mallorca, characterized by its natural wealth, especially by the biological one. Nevertheless, there isn't a document which collects and analyzes deeply the location and distribution of the invertebrate endemisms of the National Park. The present paper carries this task out, unifying all the scattered information and, adding, besides that, a detailed cartography about the distribution of endemic species. A database has been compiled with information on each species, on locations (with a total of 591 items) and preferential habitats (caves and caves, pine, garriga, open areas, anchihaline waters and coastal areas). It is, therefore, a document that can facilitate responsible management of the space, indicating the biodiversity hot spots. A total of 46 endemic taxa, 10 of which are exclusive, have been counted in the Cabrera archipelago.

Keywords: *Terrestrial invertebrate endemism, Cabrera archipelago, hot spots biodiversity, distribution, cartography, GIS*

INTRODUCCIÓ

Els invertebrats són un factor essencial per a la supervivència d'altres animals i plantes. És també una obvietat que gran part de la biota del planeta està amenaçada pel desenvolupament antròpic.

Amb el ritme que l'espècie humana altera la natura i els seus cicles, ajuda a l'increment de les temperatures i també és un actor clau del canvi climàtic, desforesta les grans masses boscoses tropicals, introducció d'espècies exòtiques, etc., fa augmentar de manera abrupta el ritme d'extinció de les espècies. El grup dels invertebrats no és una excepció i la seva supervivència, riquesa i

diversitat es troben en serios perill d'extinció. De fet en ecosistemes insulars de les Balears, ja es té constància d'extincions locals i canvis en la composició faunística i florística dels illots de les Balears, bàsicament per la introducció d'espècies al·lòtones (Palmer i Pons, 1996; 2001; Pons i Palmer, 1999).

A més, es produeix una desproporció entre la quantitat d'espècies invertebrades i el baix nombre d'investigadors que es dediquen al seu estudi. D'aquesta manera, la biologia de la conservació es dedica en gran part a l'estudi dels vertebrats (Pons, 2015).

Tal com estableix May (1999), s'estima que tan sols han estat descrits una tercera part dels insectes del planeta. Per contra, s'estima que les plantes descrites representen un 90% del total de les plantes del planeta.

D'igual manera, a nivell global, es desconeix l'estat de conservació d'aquest grup, ja que si no es coneix amb exactitud el nombre d'espècies invertebrades, és molt difícil establir estratègies de conservació.

El fet que cada forma de vida sigui un fet irrepetible (milions d'anys d'evolució), que l'estudi de cada organisme permeti ajudar a entendre millor el planeta, que el coneixement d'una espècie fins al moment desconeguda pugui representar la solució de qualsevol tipus de problemàtica ambiental, econòmica o inclús mèdica, fa que els estudis de conservació de la biodiversitat estiguin més que justificats.

Tota la problemàtica relativa al desconeixement dels invertebrats exposada anteriorment es pot extrapolar al cas de l'arxipèlag de Cabrera. En aquest treball s'ha intentat unificar la informació dispersa que es té dels endemismes invertebrats de l'arxipèlag, incrementar amb treball de camp noves localitats i realitzar un SIG de cada una de les espècies.

Per entendre la situació actual de l'arxipèlag de Cabrera cal remuntar-se a la història recent, concretament a partir del segle XIX. Dita història recent es troba recollida per Pastor (2008) i Mayol (2008).

FAUNA ENDÈMICA, LA SEVA ÀREA DE DISTRIBUCIÓ I FRAGILITAT. EL CAS DE LES ILLES BALEARS

El coneixement de patrons de distribució de les espècies endèmiques (considerades per la presència exclusiva a un determinat territori, generalment ben delimitat) i la identificació dels punts calents de biodiversitat són essencials no tan sols pels estudis de biogeografia, sinó també per l'establiment d'àrees protegides (Humphries *et al.*, 1995).

El concepte d'àrea de distribució d'un endemisme ha estat àmpliament debatut dins el camp de la biogeografia. Richardson (1978) apuntà que les espècies endèmiques no tenen una distribució atzarosa o per casualitat; tendeixen a concentrar-se a llocs específics (Mendoza-Fernández *et al.*, 2014). Morrone (2008) afirmà que dins grans àrees de distribució d'endemismes s'hi reconeixen altres de més petites i dins aquestes existeixen àrees més petites encara. Aquest fet permet proposar una classificació biogeogràfica jeràrquica seguint les següents subdivisions: regne, regió, domini, província i districte.

Les espècies endèmiques insulars tenen un nivell de fragilitat molt superior a les espècies continentals. Registren un nombre d'individus molt baix, sent l'extinció de caràcter definitiu degut a la impossibilitat de repoblació des d'una altra localitat. A més, la manca de depredadors, en molt casos, implica una manca de capacitat defensiva (Tosco, 2007).

Tal com estableix Mayol (2009), es poden fer observacions biològiques i paleontològiques similars a les realitzades per Darwin en el viatge del *Beagle* (1831-1836), en terme d'idees evolutives, a les Illes Balears amb sargantanes, caragols o coleòpters tenebrionids, entre altres casos menys espectaculars: presenten diferències notables entre les formes de les terres continentals properes i les insulars, i entre les que habiten cada una de les illes o, fins i tot, diversos illots. Quan una població animal queda aïllada, les diferències de l'ambient físic i biològic en el qual sobreviu i es reproduïx determinen que la selecció natural sigui distinta de la continental i, a llarg termini, produirà canvis en la talla, forma, color o comportament. De vegades, aquests canvis són suficientment accentuats com per parlar d'una nova espècie (sobretot si s'ha arribat a una incompatibilitat reproductora o a una infertilitat de la descendència híbrida).

Les Illes Balears compten amb més de 400 espècies d'endemismes animals, situant-se la taxa d'endemicitat entre el 5% i el 8%, fet que atorga un caràcter d'illes paraoceàniques degut al contacte físic amb terres continentals pròximes, fa 5 milions d'anys (Pons i Palmer, 1996; Pons, 2015, i dades inèdites).

Com ja s'ha dit, la característica intrínseca de la fauna endèmica insular és la seva marcada fragilitat. Prova d'aquest fet és la desaparició de tres mamífers endèmics de les Gimnèsies, com són: *Myotragus balearicus* (un petit bòvid), *Hypnomys morpheus* (una rata cellarda) i *Nesiotites hidalgo* (una musaranya), tractant-se d'espècies molt diferenciades per un llarguíssim aïllament. Aquestes desaparicions, i moltíssimes més, foren producte, probablement, de l'arribada de l'home i de les espècies que aquest introduí.

L'ESTUDI DELS INVERTEBRATS TERRESTRES ENDÈMICS DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Respecte al grup dels invertebrats, ha estat un conjunt faunístic poc estudiat si es compara amb el volum d'informació referida als vertebrats –mamífers, rèptils, amfibis, ocells i peixos– (Pons, 2015).

Quan es fa referència als endemismes invertebrats de Cabrera la majoria d'ells són també compartits amb altres territoris de les Balears. Només algunes espècies són endemismes exclusius de l'arxipèlag (10 tàxons).

El fet insular i les reduïdes dimensions han atret durant el segle XIX i XX una bona quantitat d'investigadors i naturalistes especialitzats en diferents grups taxonòmics d'invertebrats. Es tracta d'una primera fase caracteritzada pel descobriment i descripció d'alguns dels endemismes invertebrats que avui dia es coneixen.

Un exemple d'aquests naturalistes atrets per les Balears fou l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria, que es desplaçà fins a les costes de l'arxipèlag amb una primera idea d'escriure un llibre sobre escarabats. De fet, fou l'Arxiduc qui finançà les campanyes de Koch (1882) i de Schaufuss (1869) al territori balear. Un exemple més recent d'aquets estudis és l'obra de Gasull (1964), que centra la seva mirada en els mol·luscs presents a les Balears.

La fita que marca el canvi d'etapa és la declaració de l'espai com a Parc Nacional (Llei 14/1991 de 19 d'abril). Prèviament a la seva declaració, quan aquesta era imminent, els treballs per conèixer la seva biodiversitat es disparen. Un recull d'aquets treballs és la publicació de la monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears (Alcover *et al.*, 1993), que agrupa en un sol volum la majoria de les espècies (vegetals i animals) conegudes fins al moment, d'entre les quals es troben els endemismes invertebrats. No obstant, no hi ha un capítol específic sobre la distribució global del seu component endèmic, no els punts calents de biodiversitat. Destaquen també: la ja esmentada monografia que realitzà el Grup Balear d'Ornitologia (GOB) el 1989, tot i no tractar de manera específica als invertebrats (apareixen algunes imatges dels més atractius, sense una referència al

text), i la monografia duta a terme pel Ministerio de Medio Ambiente (Pons, 2000b), que encara que de contigut ornitològic, recull al capítol introductori, la seva fauna endèmica.

A més a més, l'aparició de monogràfics, pioners en la catalogació a l'estat espanyol, sobre fauna endèmica, com és l'obra de Pons i Palmer (1996) on es resumeix el coneixement que es té sobre la fauna descrita de les Balears, discutint sobre la distribució, afinitats faunístiques, corologia i validesa taxonòmica de les més de 300 espècies descrites de les Balears, o l'obra de Mayol (2009), que fa un recull de caràcter divulgatiu sobre la fauna endèmica balear i el procés insular, recollint com annex les dades de Pons i Palmer (1996) d'endemismes per illes.

Cal apuntar que en l'actualitat encara es duen a terme incorporacions i es descobreixen noves espècies i noves dades de distribució.

No obstant, no hi ha hagut cap estudi que hagi centrat els seus esforços en la recopilació d'informació del grup dels invertebrats de l'arxipèlag, segurament per la concepció que la societat té d'aquest, ja que no conta amb una atracció estètica, com sí tenen les aus i els mamífers. L'únic document que recopila informació al respecte, tot i no entrar gaire en el detall, és el de Pons (2000a), esmentant les espècies invertebrades endèmiques i recollint les principals característiques d'aquestes. Finalment, Pons (2015) aporta una actualització del seu catàleg i dona apunts per a la seva conservació. En aquest treball se donen compta de quatre nous endemismes de Menorca, descrits després de la monografia (*Trogulus balearicus*, *Tegenaria scopifera*, *Speleophriopsis balearicus* i *Asida planipennis cabreiriensis*). Hi ha, per tant, un buit en el coneixement de la seva distribució i en la unificació de la dispersa informació. D'aquesta manera el present estudi pretén donar resposta a aquesta mancança.

METODOLOGIA

El present treball realitza una anàlisi de la distribució dels endemismes invertebrats de l'arxipèlag de Cabrera a partir de l'aplicació d'un SIG.

S'ha realitzat una exhaustiva recerca bibliogràfica analitzant les descripcions originals. S'han consultat nombroses fonts d'informació, destacant principalment Alcover *et al.* (1993), que representa un recull molt complet sobre aspectes geogràfics, abastant gairebé tots els camps d'estudi de les ciències naturals: geomorfologia, geologia, climatologia, flora, fauna, relació entre flora i fauna, aspectes hidrogràfics, etc. Les monografies del GOB (1989) i del Ministeri de Medi Ambient (2004) han ajudat a configurar els apartats més teòrics de l'estudi.

Dintre de la recerca bibliogràfica hi ha espècies com *Coelotes cabreiriensis* Tenenbaum, 1915, que no han estat retrobades des de la seva descripció i han estat excloses de l'anàlisi.

Per una altra banda, el treball de camp ha estat molt important per a l'ampliació de dades de distribució antiga i també amb l'objectiu de confirmar localitzacions citades i ampliar-les amb dades inèdites. S'ha de dir que aquestes contempen dades i localitats en les que és segura la presència de l'espècie i que pot haver altres quadrícules en les que hi hagi, en termes estadístics, falses absències.

La revisió de material conservat en col·lecció també ha incrementat aquesta base de dades de localitats amb noves presències.

Un esforç molt important ha estat el de tractament de dades i aplicació d'un SIG. S'ha creat, per tant, una base de dades que recull els aspectes més rellevants de cada espècie d'invertebrat endèmic, la seva distribució a l'arxipèlag i la bibliografia de referència. La informació recollida s'exposa igualment a través d'una fitxa per a cada espècie, ordenades per famílies, que contenen informació relativa a la seva distribució, consideracions taxonòmiques, corologia, hàbitat i altres dades ecològiques així com les localitzacions citades fins al moment –afegint les observacions personals realitzades–. Per una altra banda, s'ha elaborat una cartografia relativa a la distribució a l'arxipèlag en quadrícules d'1 km² de cada espècie i un mapa on es superposen totes les espècies, presentant les quadrícules

amb major i menor nombre d'espècies endèmiques. També s'han assignat les distintes espècies a un hàbitat preferent. Les quadrícules UTM s'han identificat a través d'una enumeració, que servirà com a referència a l'hora de comentar els resultats (Fig. 1). Finalment, s'ha realitzat una anàlisi dels hàbitats que contenen una major biodiversitat en termes d'endemismes invertebrats.

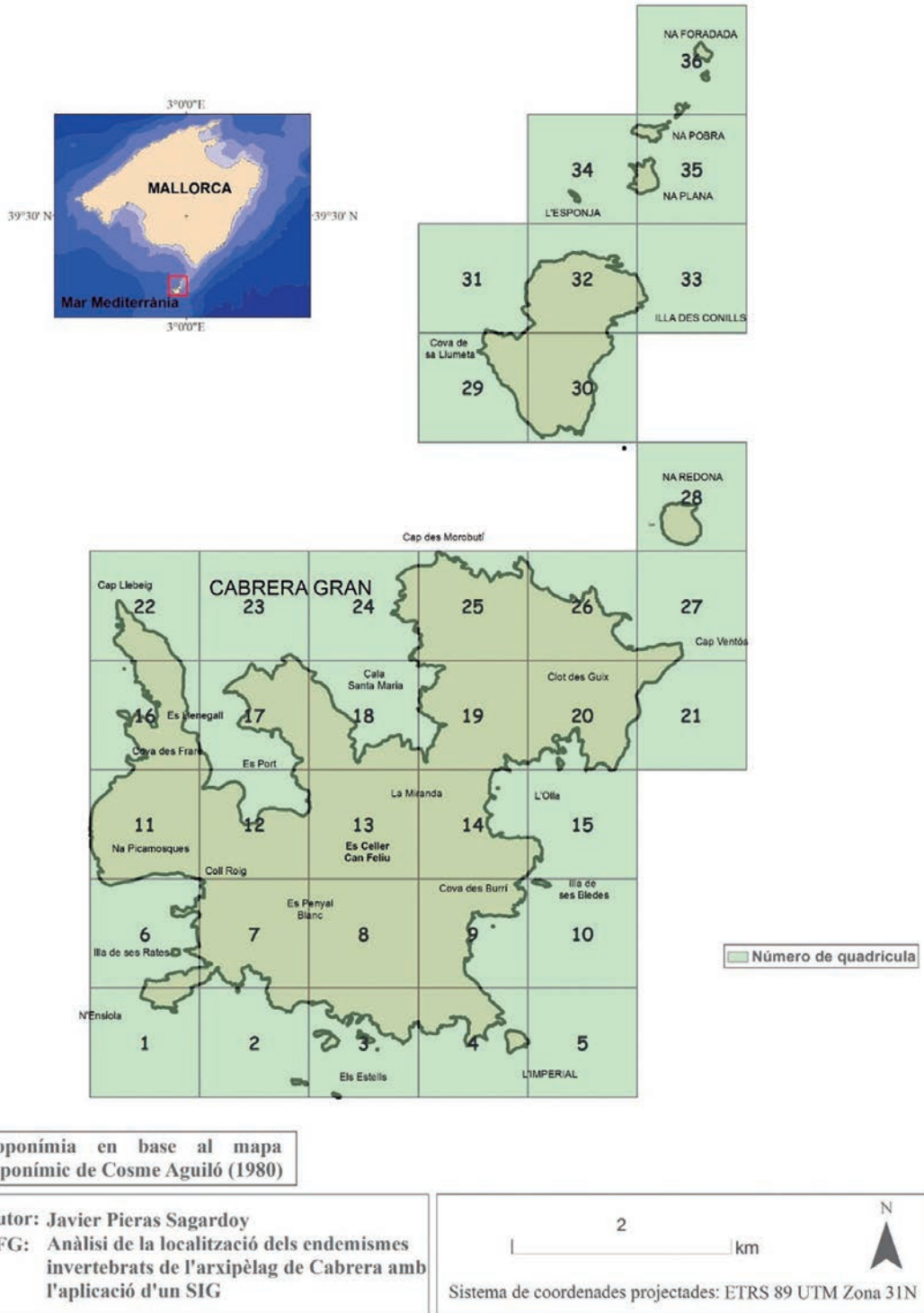


Figura 1. Base cartogràfica utilitzada i enumeració de les quadrícules UTM de l'arxipèlag de Cabrera.

L'eina utilitzada per a la producció cartogràfica ha estat el software ArcGIS 10.1.

S'ha procedit a la creació d'un annex de figures i de taules, on es plasmen tant els mapes per espècie com la base de dades creada a partir del recull bibliogràfic, dades de col·leccions científiques i treball de camp.

Es considera la metodologia que millor s'ajusta a les necessitats d'estudi que requereixen els objectius establerts. La primera part aporta el gruix de la informació necessària, que es complementa amb el treball de camp. Posteriorment es fa necessari estandarditzar-la per produir la fitxes per espècie i, finalment, representar-la de manera visual a través de cartografia.

Algunes espècies tenen una distribució generalitzada que abasten totes (o quasi totes) les quadrícules de l'arxipèlag. És per això que no s'han dut a terme mapes de les següents espècies: *Spauligodon cabreræ*, *Xerocrassa homeyeri ponsi*, *Xerocrassa newka*, *Limax majoricensis*, *Tudorella ferruginea* i *Iberellus companyonii*.

L'arxipèlag de Cabrera està format per un grup d'illes i illots, localitzats dins de la Mediterrània Occidental, al migjorn de Mallorca (Servera, 1993). Respecte de la conca Mediterrània, l'arxipèlag, juntament amb Mallorca i Menorca, són les illes que presenten major distància de qualsevol punt de la costa continental, mantenint una posició central dins d'aquesta.

Aquestes illes es disposen en forma de rosari allargat, amb una alineació orientada de NE a SW dins el quadrant determinat per les següents coordenades geogràfiques: el punt de l'escaire nord-oriental es localitza a 2° 59' 18" de longitud est i 39° 13' 03" de latitud nord, i el punt de l'escaire sud-occidental es localitza a 2° 54' 26" de longitud est i 39° 07' 06" de latitud nord.

L'arxipèlag es troba a la part més meridional de la plataforma continental definida per la isòbata dels 200 m que uneix Mallorca i Menorca (Riba, 1980), i que al mateix temps constitueix la part central i més nord-oriental de l'anomenat Promontori Balear. Es considera estructuralment com la continuació de la unitat morfoestructural de les serres de Llevant de Mallorca (GOB, 1990)

El conjunt de terres emergides de les illes i illots suposa una superfície de 13'2 km² i una longitud de 53'87 km de costa, que es reparteixen entre les dues illes majors, Cabrera Gran i l'Illa des Conills, 17 illes menors i tota una sèrie d'illots i esculls adjacents.

RESULTATS

A l'arxipèlag de Cabrera s'han comptabilitzat la presència d'un total de 46 tàxons endèmics, 10 d'ells exclusius. Alguns d'ells no es coneixen les localitats precises i per tant han estat exclosos de l'anàlisi. D'altres, d'àmplia distribució també han estat exclosos. A continuació es procedeix a l'exposició de la informació coneguda per espècie, ordenades per famílies, on s'estableixen els següents paràmetres: Nom de l'espècie, l'autor i any de la primera descripció, consideracions taxonòmiques o sistèmiques, la corologia, el seu hàbitat i altres dades ecològiques d'interès i, finalment, les localitzacions citades per la bibliografia de referència així com les inèdites, observades durant el treball de camp realitzat. En total la base de dades generada per a la realització del SIG compta amb un total de 591 localitats (de vegades múltiples, doncs una localitat, per al SIG creat, és entès com la presència de l'espècie en 1 km²).

FAMÍLIA PHARYNGODONIDAE

Spauligodon cabrerae. (Castaño, Zapatero i Solera, 1988)

Corologia. espècie coneguda de Menorca, Eivissa i arxipèlag de Cabrera. Espècie més representativa de la fauna d'helminths de les Illes Balears. Tal com passa als illots de Menorca, Eivissa i Cabrera és l'espècie amb més àmplia distribució i una de les millors representades amb prevalències elevades (Hornero, 1991; Roca, 1993). Citada de l'arxipèlag de Cabrera per Castaño *et al.* (1988).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Localitzada en la cloaca de *Podarcis lilfordi* i *Podarcis pityusensis*. Espècie paràsita de les sargantanes de les Illes Balears.

Localitzacions. Tot l'arxipèlag.

FAMÍLIA ZONITIDAE

Oxychilus lentiformis (Kobelt, 1882)

Consideracions taxonòmiques. Espècie descrita per Kobelt (1882) amb la denominació genèrica *Hyalina lentiformis*. Moragues (1886) transcriu la descripció original. Les citacions d'*Oxychilus balmei* per a totes les Gimnèsies corresponen a aquesta espècie. *Oxychilus kobelti*, descrita per Altaba (1993) com endèmica de les Gimnèsies, correspondria a aquesta espècie.

Corologia. Espècie endèmica de les Gimnèsies. Molt present a jaciments quaternaris. Si bé en la descripció original figura Menorca, Moragues (1886) quan transcriu la descripció, indica Mallorca.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Abundant en els ambients humits, als boscos, i sota grans pedres. Espècie bona colonitzadora de les entrades de les cavitats de Mallorca (Bellés, 1987; Pons i Damians, 1992). En aquest darrer treball es donen nombroses localitats cavernícoles on ha estat recol·lectada aquesta espècie. Troglòfil, espècie adaptada a nivell fisiològic i enzimàtic (quitinases) que els permet tenir un règim omnívor.

Localitzacions. Mallorca i Menorca (Gasull, 1964), Cala l'Olla - Cabrera (Cuerda, 1993). S'han realitzat les següents observacions personals: Punta d'Ensiola, Puig de s'Avenc des Frare i Es Llenegall (Fig. 2).

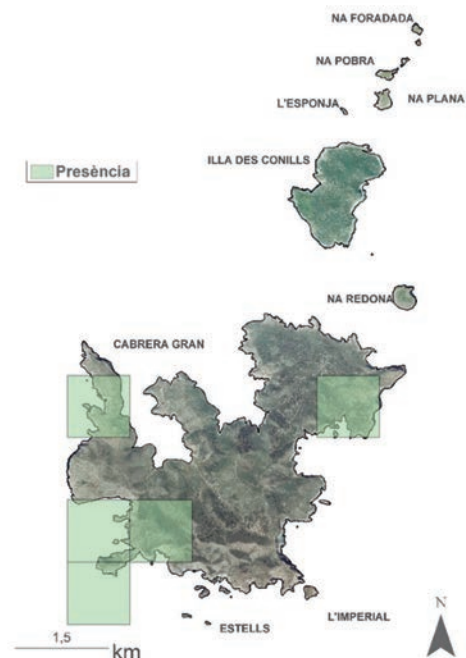


Figura 2. Distribució d'*Oxychilus lentiformis*

FAMÍLIA HELICELLIDAE

Xerocrassa newka (Dohrn in Dohrn i Heynemann, 1862)

Consideracions taxonòmiques. Descrita inicialment sota el gènere *Helicella*. Segons Altaba (1993) les poblacions de la majoria dels illots de Cabrera són distingibles morfològicament i mereixerien la qualificació de subespècie. Chueca *et al.* (2017a; 2017b) fan una nova proposta nomenclatural en base a anàlisis genètiques. Aquests autors van generar un conjunt de dades de seqüències d'ADN de 2540 pb a partir d'un fragment de genoma nuclear i dos mitocondrials a partir de 170 individus que representaven un total de 112 poblacions del conjunt de les Balears. De Cabrera es recolliren 6 mostres de l'illa gran i una de na Foradada. Aquests autors, aplicant la màxima probabilitat i els mètodes filogenètics baiesians i un rellotge molecular baiesià, i proposen una història evolutiva del gènere *Xerocrassa*. Chueca *et al.* (2017a) indiquen la presència de dos tàxons del gènere *Xerocrassa*: *X. majoricensis* i *X. pietroi*. Chueca *et al.* (2017b) indiquen que *X. newka* està distribuït pel sudoest de Mallorca i l'arxipèlag de Cabrera. Chueca *et al.* (2017a) no varen incloure exemplars de *X. ferreri pobrensis* en el seu estudi genètic, però indiquen (Chueca *et al.*, 2017b) que degut a la gran semblança amb *X. ferreri ferreri* i a la seva reduïda distribució (Illa de na Pobra), queda dins el rang de distribució de *X. newka*, i suggereixen que *X. ferreri pobrensis* deu incorporar-se, igualment, a la sinonímia de *X. newka*.

Corologia. Endemisme de Mallorca i de l'arxipèlag de Cabrera, del qual s'han descrit diverses subespècies geogràfiques (Jaeckel, 1952; Gasull, 1963, 1964; Altaba, 1991) discutides per Chueca *et al.* (2017a; 2017b).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Viu a quasi tots els hàbitats terrestres de l'arxipèlag de Cabrera, des de les zones de pinars i màquies de les illes grans, fins als vessants rocallosos dels illots més petits, on sol formar poblacions d'elevada densitat.

Localitzacions. Arxipèlag de Cabrera (Altaba, 1993). S'han realitzat les següents observacions personals: S'Espalmador, Punta d'Ensiola, Cova des Burrí, Na Miranda, Caló dels Palangrers, Can Feliu, Es Llenegall i na Picamosques.



Figura 3. *Xerocrassa newka* (segons proposen Chueca *et al.*, 2017b).

Consideracions taxonòmiques. Descrita inicialment sota el gènere *Helix*. També ha estat inclosa en el gènere *Helicella*. Els exemplars de l'illa des Conills són molt distints dels de l'illa major. Són molt més plans i llisos, sense escultura, quilla sense serra, a més a més estan molt pigmentats (Gasull, 1964; Forés, 2015). Chueca *et al.* (2017a; 2017b) fan una nova proposta nomenclatura en base a anàlisis genètiques.

Corologia. Subespècie distribuïda per l'arxipèlag de Cabrera i sudoest de Mallorca segons (Chueca *et al.*, 2017b).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie de costums lapidícoles. Els exemplars de billa des Conills són molt més escassos que els de billa de Cabrera. El 2006 s'efectuà una campanya de desratització de l'illa des Conills (*Rattus rattus*) (McMinn i Rodríguez, 2000) i tot i que no s'ha realitzat cap projecte de verificació d'absència de rates, dades recents semblen indicar que l'illa contiuu sense rates. No obstant, a altres llocs de Cabrera és un factor important de pertorbació i que afecta a aquesta espècie.

Localitzacions. Cabrera i Illa des Conills. S'han fet observacions personals a Can Feliu, Monument als Francesos, S'Espalmador, Punta d'Ensiola, Cova des Burrí, Es Burrí, Codolar des Burrí, Caló des Macs, Caló de l'Olla, Na Miranda, Caló des Forn, Caló des Palangrers, Puig de s'Avenc des Frare, Es Llenegall i Penyal Blanc.

FAMÍLIA HELICIDAE

Iberellus companyonii (Aleron, 1837)



Figura 4. *Iberellus companyonii* (Aleron, 1837).

Consideracions taxonòmiques. Aquesta espècie ha estat tractada en múltiples publicacions com a *I. minoricensis*. No obstant, Forés i Vilella (1993) realitzen una aclaridora reflexió sobre la nomenclatura a seguir per a designar aquest tàxon. Descrita inicialment sota la denominació genèrica *d'Helix companyonii* (Aleron, 1837) d'individus balears introduïts en temps històric a alguns ports de Catalunya. Posteriorment es descriví *I. minoricensis* (Mittre, 1842) de Menorca. Han estat descrites distintes subespècies: ssp. *boradadae*, de na Foradada (Cabrera), ssp. *oberndorferi*, de la badia de Palma, ssp. *minoricensis* de Menorca i ssp. *balearicus* de les Serres de Llevant, totes elles de discutit valor taxonòmic.

Corologia. Espècie endèmica de les Balears. Colonitza Mallorca, Menorca, Eivissa, Formentera i Cabrera, àdhuc alguns dels seus illots. Introduïda accidentalment a alguns punts de la costa catalana. Altaba (1993) la considera endèmica de les Gimnèsies.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie àmpliament repartida, colonitza ambients xèrics i perillitorals i zones de garriga, humides i boscoses.

Localitzacions. Arxipèlag de Cabrera (Altaba, 1993). S'han fet les següents observacions personals: Pinar de la Serra de ses Figueres, Puig de s'avenc des Frare, Can Feliu, Caló dels Palangrers, Caló des Forn, La Miranda, Cala l'Olla, Caló des Macs, Codolar des Burrí, Exterior de la cova des Burrí, Punta d'Ensiola i Monuments als Francesos.

FAMÍLIA LIMACIDAE

Limax majoricensis (Heynemann, 1863)

Consideracions taxonòmiques. Aquest llimac ha estat trobat fòssil de distints jaciments quaternaris de les Pitiüses (Paul, 1984), pel que es corrobora la seva antiguitat.

Corologia. És l'únic llimac endèmic de les Balears. Citat de Mallorca, Cabrera i de les Pitiüses. A les Pitiüses ha estat recol·lectat a illots de vegades molt separats de l'illa principal, pel que Gasull i Van Regteren Altena (1970) suggereixen una colonització molt antiga.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie de costums lapidícoles i humícoles. Espècie colonitzadora, a l'igual que altres espècies de llimacs, de zones humides, encara que aquesta està més restringida a les zones naturals poc alterades i capaç de resistir fortes sequeres.

Localitzacions. Arxipèlag de Cabrera (Altaba, 1993)

FAMÍLIA POMATIDAE

Tudorella ferruginea (Lamarck, 1822)



Figura 5. *Tudorella ferruginea* (Lamarck, 1822).

Consideracions taxonòmiques. Actualment es dubta sobre l'assignació taxonòmica dels exemplars de fora de les Balears i Pitiüses pertanyin a aquesta espècie.

Corologia. Endemisme vivent de les Gimnèsies, més abundant a Mallorca que a Menorca. Trobat a jaciments plio-pleistocens d'Eivissa (Gasull i Alcover, 1982; Torres i Alcover, 1981) i Sardenya (Esu, 1978).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Es troba en tota mena d'ambients naturals, a condició que el sòl sigui rocallós. A Cabrera és particularment abundant en zones de màquia ben constituïda, mentre que és absent a les zones de conreu. Viu a la majoria dels illots, encara que quasi mai no hi forma poblacions tan denses. És freqüent trobar conquilles d'aquesta espècie trencades per rates (*Rattus rattus*), les quals semblen tenir-hi una especial predilecció.

Localitzacions. Arxipèlag de Cabrera (Altaba, 1993). S'han realitzat les següents observacions personals: Serra de ses Figueres, Es Llenegall, Puig de s'avenc des Frare, Caló dels Palangrers, Caló des Forn, La Miranda, Pinar a l'est de l'Olló, Caló des Macs, Codolar des Burrí, Exterior de la cova des Mestral, Exterior de la Cova des Burrí i S'Espalmador.

FAMILIA NEMESIDAE

Nemesia brauni Koch, 1882

Consideracions taxonòmiques. Blasco (1984) estudià els exemplars recollits per Koch (1882) i Rambla (1977), indicant que només era conegut el mascle. No obstant, Koch (1882) descriu ambdós sexes. Simon (1914) relaciona *N. brauni* amb *N. eleanora* (aquesta darrera descrita de Mònaco) i *N. ariasi* (del Marroc).

Corologia. Espècie endèmica de les Balears (Ribera, 1986). Citada de Mallorca per Bristowe (1952), de Menorca per Febrer (1979) i de Cabrera per Rambla (1977). Pons i Palmer (1990) recullen noves dades de Mallorca.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie colonitzadora de zones argiloses. Es coneix poc la seva ecologia. A l'igual que les altres espècies és sedentària i construeix un niu sota terra. Al contrari que moltes altres aranyes, augmenten la seva activitat durant la tardor i l'hivern, tenen el seu cicle reproductor durant la tardor (octubre-desembre), emperò també hi ha un augment de mascles durant l'estiu (Pons, 1993).

Localitzacions. Es Burrí, Can Feliu, Cap Ventós, Estell Xapat de Llevant, Illa de ses Rates, Illa des Conills, Illa de l'Esponja, Illa de l'Imperial, Illa de na Plana, Illa de na Pobra, Illa de na Redona, Punta d'Ensiola, Port de Cabrera i Serra de ses Figueres

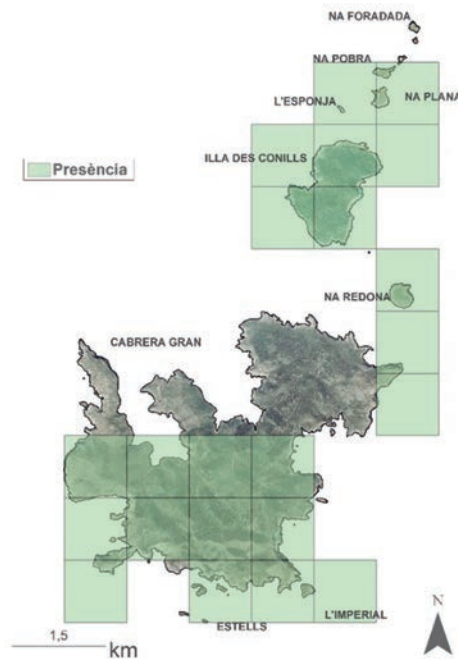


Figura 6. Distribució de *Nemesia brauni*.

FAMÍLIA AGELENIDAE

Tegenaria scopifera Barrientos, Ribera i Pons, 2002

Consideracions taxonòmiques. El patró pigmentari de *Tegenaria scopifera* és proper a l'observat i descrit per a *Tegenaria carensis* i *Tegenaria ramblae* (Barrientos *et al.*, 2002). La genitèlia femenina, epigí i vulva, són també afins amb *Tegenaria carensis*, *Tegenaria ramblae* i *Tegenaria silvestris*.

Corologia. A més de la localitat tipus, recol·lectada del bauma de cas Pagès (Cabrera Gran) a l'arxipèlag de Cabrera i a l'entrada de la font des Cosconar (Mossa, Puig Roig) i l'illa de Tagomago (Eivissa), el que fa suposar una distribució més àmplia.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Balmes i ambients ombrívols.

Localitzacions. Jaciment de Cas Pagès (Fig. 7).



Figura 7. Distribució de *Tegenaria scopifera*.

Eratigena balearica (Brignoli, 1978) (Fig. 8)



Figura 8. *Eratigena balearica* (Brignoli, 1978).

Consideracions taxonòmiques. Espècie descrita sota el gènere *Malthonica*, relacionada amb *M. lusitanica* (de la península ibèrica), *M. sarda* (de Sardenya), *M. sicana* (de Sicília), *M. arganoi* (d'Itàlia centremeridional), *M. deadeli* (de Creta) i *M. paraschiae* (de Grècia) (Brignoli, 1980, Pons i Palmer, 1992).

Corologia. La femella fou descrita de Mallorca per Brignoli (1978-1979). Pons i Palmer (1990) i Pons i Damians (1992) recullen més dades de Mallorca. El mascle fou descrit de Menorca per Barrientos i Febrer (1986). Citada de Menorca per Febrer (1979). Endemisme Gimnèsic. Coneguda també de Cabrera i sa Dragonera (Pons, 1993). D'Eivissa es coneix una espècie propera a *M. balearica*.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Element lapidícola. Ocupa zones boscoses, tant de pins com d'alzines. (Pons i Palmer, 1990; Pons i Damians, 1991).

Localitzacions. Canal de s'Aigo, Cap de Llebeig, Punta d'Ensiola, Monument als Francesos, Puig de s'avenc des Frare, Escar des Vaixell, Serra de ses Figueres, Pinar de Can Feliu, Penyal Blanc, Es Burrí, La Miranda. S'han fet les següents observacions personals: Punta d'Ensiola, S'Espalmador i Ès Llenegall (Fig. 9).

FAMÍLIA HAHNIDAE

Hahnia hauseri Brignoli, 1978

Consideracions taxonòmiques. L'absència d'un receptacle secundari de l'aparell sexual permet concloure que aquesta espècie no està lligada amb les *Hahnia* ben conegudes d'Europa central (Harm, 1966); segons Brignoli (1978-1979) estaria més pròxima a *H. petrobia* que a les formes italianes del grup. No és possible compararla amb *H. harmae* (Brignoli, 1978) de Tunísia i *H. insulana* (Schenkel, 1938) de Madeira (descrites sobre els mascles) però la primera de les espècies té una coloració molt especial, mentre que la segona és molt més gran (mascle de 3.3 mm). *Hahnia barbara* (Denis, 1937) d'Algèria és, al contrari, molt més petita (femella de 1.6 mm).

Corologia. Espècie endèmica de Mallorca descrita per Brignoli (1978-1979) coneguda únicament de la femella, Pons i Palmer (1990). Recol·lectada a Cabrera (Pons, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie lapidícola, ha estat recol·lectada tant en zones seques (garrigues) com a alzinars molt humits.

Localitzacions. Caló dels Palangrers, Monument als Francesos, Illa de na Redona, Puig de s'avenc des Frare (Fig. 10).

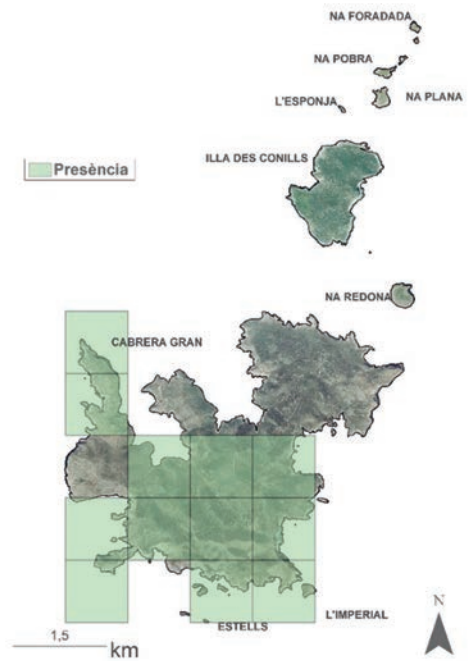


Figura 9. Distribució d'*Eratigena balearica*.

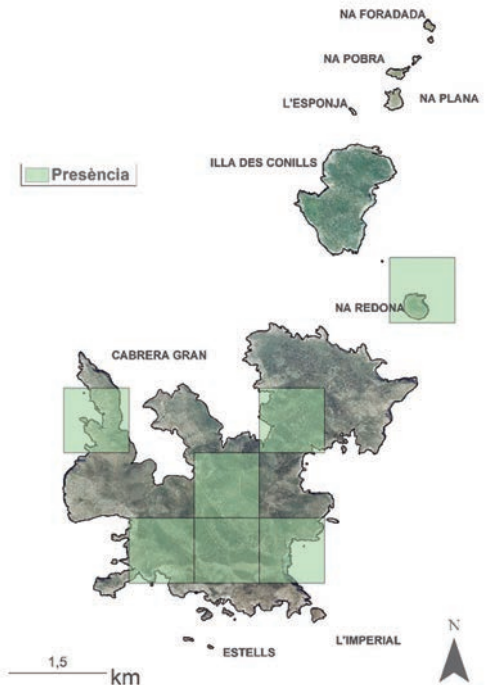


Figura 10. Distribució d'*Hahnia hauseri*.

FAMÍLIA EUSCORPIIDAE

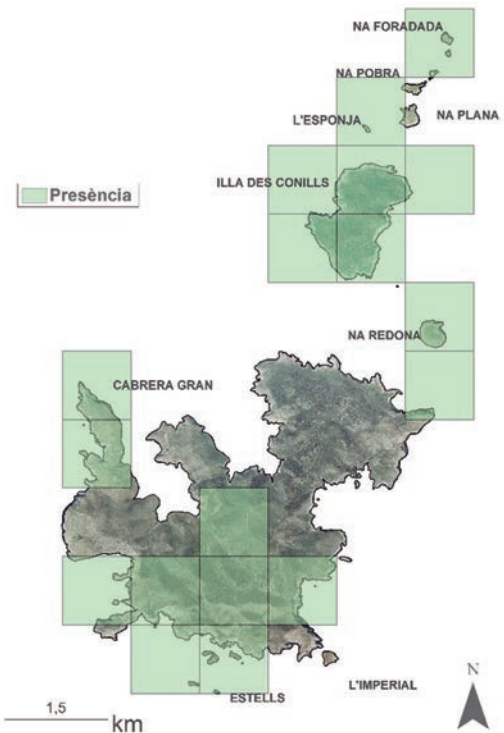
Euscorpius balearicus (Caporiacco, 1950) (Fig. 11)Figura 11. *Euscorpius balearicus*.

Consideracions taxonòmiques. Alguns autors han confós aquesta espècie, citant erròniament *Euscorpius flavicaudis* en les Balears. Considerada per Caporiacco (1950) com a subespècie, estudis genètics recents consideren elevar-la de subespècie a espècie endèmica (Gantenbein *et al.*, 2001). Està estretament relacionat amb *E. c. canestrinii* de Sardenya (Caporiacco, 1950).

Corologia. Coneguda d'algunes illes i illots de Mallorca, Menorca, arxipèlag de Cabrera i sa Dragonera (Pons i Rambla, 1993; Pons i Palmer, 1996). Pons (1991) aporta més localitats en les quals ha estat recol·lectat.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Es tracta d'una espècie de costums lapidícoles i depredadora.

Localitzacions. Estell Xapat de Ponent, Estell Xapat de Llevant, Estell de s'Esclata-sang, Estell des Coll, Monument als francesos, Illa de na Foradada, Illa de l'Esponja, Illa de na Redona, Cova des Burrí, Estell de Fora, Illa de ses Rates, Cap de Llebeig, Penyal Blanc, Cova des Cap Ventós, i Illa des Conills. S'han realitzat les següents localitzacions personals: Es Llenegall i Cova des Burrí (Fig. 12).

Figura 12. Distribució d'*Euscorpius balearicus*.

FAMÍLIA CHTHONIIDAE

Chthonius cabrerensis Mahnert, 1993

Consideracions taxonòmiques. Es diferencia de les espècies geogràficament més properes (*Chthonius ponsi*, *Ch. bellesi*, *Ch. hispanus* i *Ch. catalonicus*) per comptar amb uns palps clarament més petits. *Ch. cabrerensis* sembla estar estretament emparentat amb *Ch. vachoni*. Es diferencia d'aquesta espècie, essencialment, per la possessió de quatre ulls (vers els dos ulls de *Ch. vachoni*) i per comptar amb uns palps més primis (Mahnert, 1993).

Corologia. Espècie coneguda exclusivament de l'illa dels Conills (arxipèlag de Cabrera) (Mahnert, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie endogea, de costums lapidícoles. Recol·lectada a la garriga d'aquesta illa. Espècie depredadora de petits artròpodes.

Localitzacions. Illa des Conills (Fig. 13).

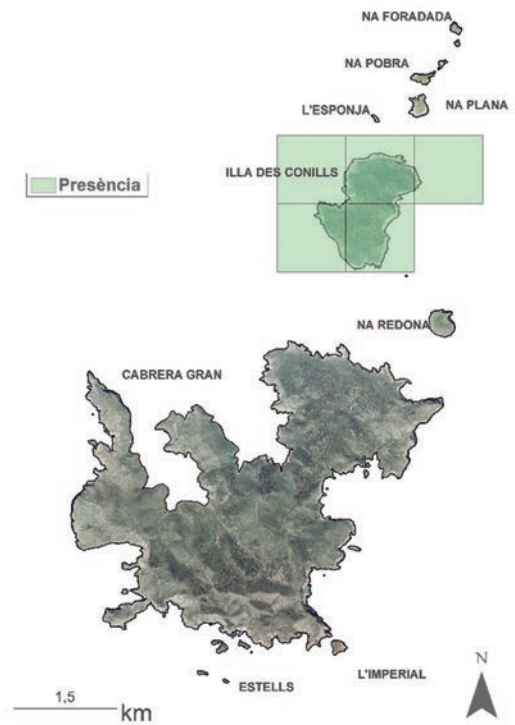


Figura 13. Distribució de *Chthonius cabrerensis*.

Chthonius ponsi Mahnert, 1993

Consideracions taxonòmiques. Aquesta espècie està estretament emparentada amb *Ch. balearicus*. Emperò es diferencia d'aquesta, entre d'altres característiques, per la manca d'una dent subdistal en el quelícer mòbil. Probablement siguin, juntament amb *Ch. balearicus*, dos representants derivats de *Ch. gibbus* que en distintes èpoques s'aïllaren i penetraren en les coves (Mahnert, 1993).

Corologia. Espècie coneguda exclusivament de l'Avenc des Frare (arxipèlag de Cabrera) (Mahnert, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie amb certa especialització a la vida cavernícola (certa anoftàlmia). Espècie depredadora de petits artròpodes.

Localitzacions. Avenc des Frare (Cabrera Gran) (Fig. 14).

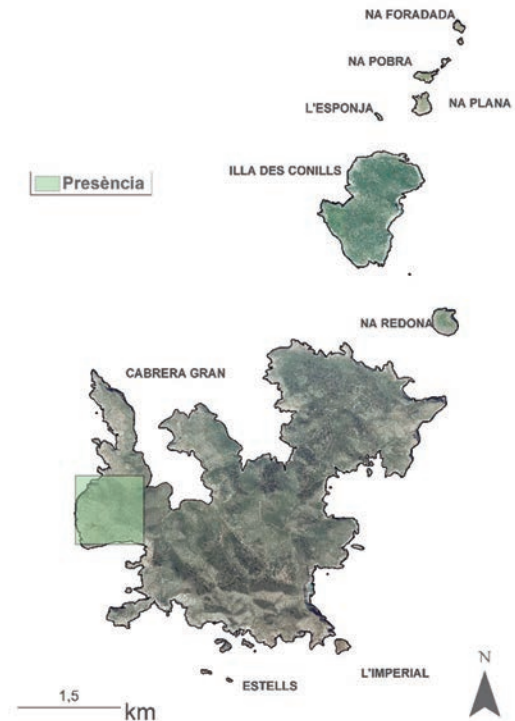


Figura 14. Distribució de *Chthonius ponsi*.

FAMÍLIA PHALANGODIDAE

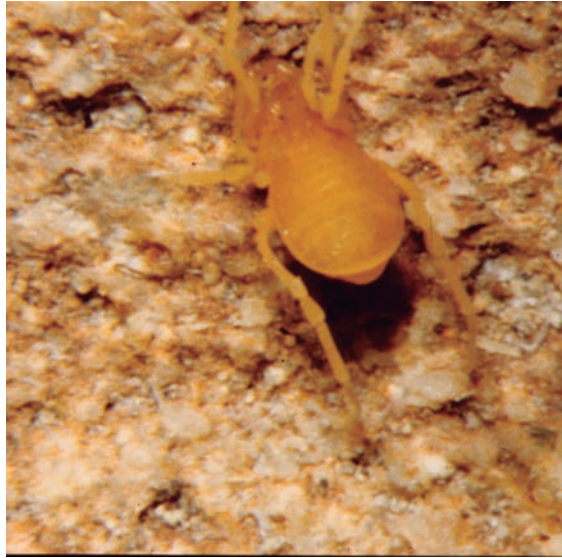


Figura 15. *Scotolemon krausi*.

Scotolemon krausi. Rambla, 1972

Consideracions taxonòmiques. Els exemplars capturats per primera vegada foren identificats com *S. lespei* (Kraus, 1961) espècie exclusivament pirenaica. Es distingeix de *S. roeweri* i *S. catalanicum* per esser de mida més petita, per comptar amb una prominència ocular major; espines en els palps i copulador ben diferent.

Corologia. Espècie coneguda de Mallorca, d'Eivissa i de Cabrera (Rambla, 1972; Pons i Rambla, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie colonitzadora de zones ombrívoles, pinars, balmes, i ambients endogeus. En zones de conreu ha estat localitzat sota oliveres i garrovers (Rambla, 1977; i dades inèdites). Espècie depredadora de petits invertebrats.

Localitzacions. Nord-oest de Cala l'Olla, sud del Caló dels Palangrers, entre ses Quatre Quarterades i es Racó des Codolar, entre es Port i el Monument als Francesos, 300 metres al sud de Sa Platgeta i Punta d'Ensiola (Fig. 16).

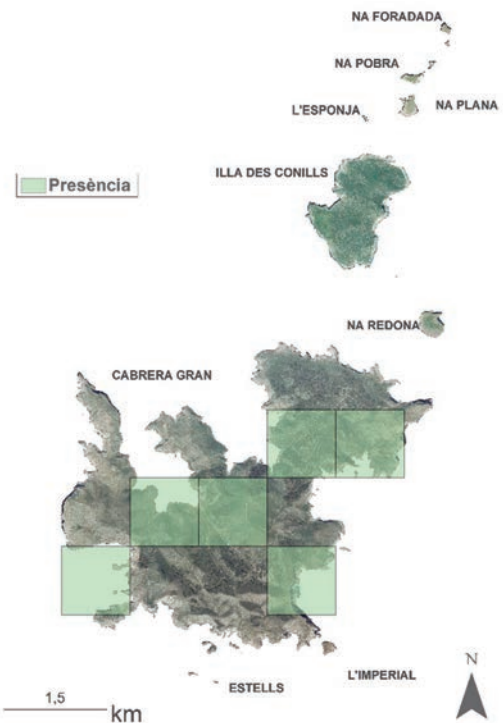


Figura 16. Distribució de *Scotolemon krausi*.

Dasylobus ferrugineus (Thorell, 1876)

Consideracions taxonòmiques. Gairebé totes les espècies del gènere *Dasylobus* han estat revisades per Chemini (1989) i com era d'esperar, hi ha introduït nombroses sinonímies. Malgrat això, conserva l'espècie *ferrugineus*. Segons aquest autor una citació d'aquesta espècie d'Itàlia feta per Caporiacco (1940) pot esser una confusió amb l'espècie *ferrugineicoxis*. D'altra banda, la citació de Caporiacco (1940) està mancada de mascles, basant-se només en dues femelles i un juvenil. Això fa la identificació de l'espècie molt dubtosa i referma el seu caràcter d'endemisme balear (Pons i Rambla, 1993). Koch (1882) descriu *Phalangium pusillum* però en realitat es tracta d'aquesta espècie (Roewer, 1911).

Corologia. Espècie coneguda de Mallorca, d'Eivissa, de Cabrera i de sa Dragonera (Rambla, 1972; Pons i Rambla, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie colonitzadora de zones ombrívoles, pinars, balmes, i ambients endògens. Espècie depredadora de petits invertebrats.

Localitzacions. Illa de na Redona, Cap Ventós, 400 metres cap a l'oest des de la costa de l'Illa de ses Bledes, 400 metres direcció sud-oest des del Celler, mitjan camí entre Coll Roig, S'Espalmador i Puig de s'avenc des Frare (Fig. 17).

FAMÍLIA TROGULIDAE

Trogulus balearicus Schönhofer i Martens, 2008

Consideracions taxonòmiques. El cos és, en la majoria de gèneres, una mica aplanat i allargat. Els adults tenen una petita oquetat, que amaga els seus quelícers i pedipalps, que són curts. L'espècie ja era coneguda de les Balears i fins al moment era assignada a *Trogulus naepiformis*. Una recent revisió ha fet necessari separar els individus de les Balears de la resta del grup.

Corologia. Mallorca, arxipèlag de Cabrera i Eivissa (Schönhofer i Martens, 2008; Pons, 2008).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie edàfica i lapidícola, poc vistosa i difícil de trobar perquè es revesteix de partícules de terra que queden adherides a la superfície cuticular.

Localitzacions. Punta d'Ensiola, Monument als Francesos, Avenc des Frare, Cap Ventós i Oest de la Serra de ses Figueres (Fig. 18).

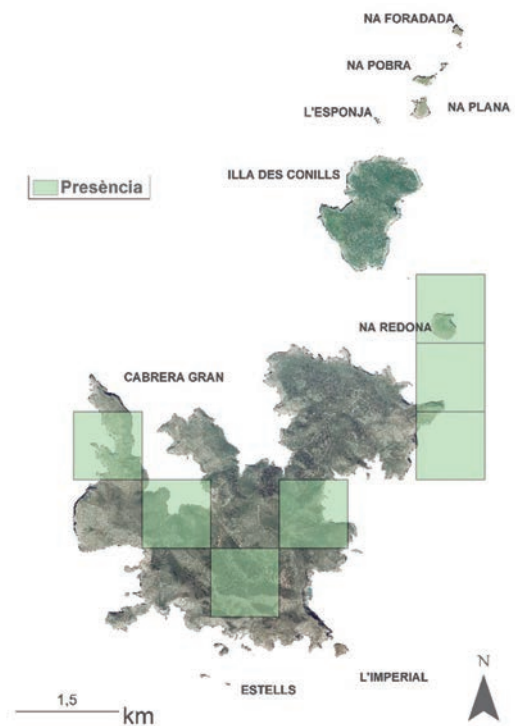


Figura 17. Distribució de *Dasylobus ferrugineus*.

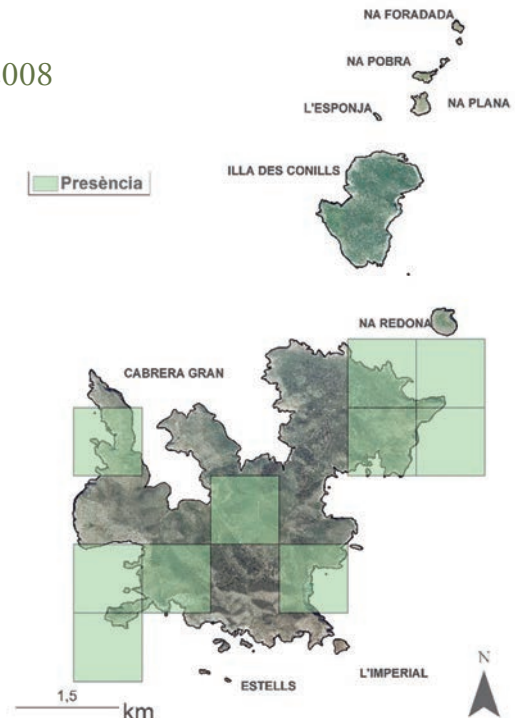


Figura 18. Distribució de *Trogulus balearicus*.

FAMÍLIA MONODELLIDAE

Tethysbaena scabra (Pretus, 1991)

Consideracions taxonòmiques. Orghidan *et al.* (1975), Stock (1978), Gourbault i Lescher-Moutoué (1979) recol.lecten el gènere *Monodella* sense donar-li assignació específica. Pretus (1991) descriu l'espècie sota la denominació genèrica de *Monodella* i l'assigna a les citacions anteriors (Fornós *et al.*, 1989) de *Monodella argentarii* aquest nou tàxon. Wagner (1994) inclou aquesta espècie en el gènere *Thethysbaena*.

Corologia. Espècie distribuïda pels ambients estigobis de Mallorca, Menorca, Cabrera i sa Dragonera.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Troglòbi, viu a aigües superficials, a les zones més properes a les arrels vives que estan en contacte amb l'aigua o a amb restes de vegetació acumulada en el fons. Llacunes anquihalines. Aquesta espècie no s'ha dispersat a les capes freàtiques de l'interior de les illes, com ho han fet la majoria dels gèneres d'amfípodes endèmics subterranis (Pretus, 1989; 1991; Fornós *et al.*, 1989; Wagner, 1994).

Localitzacions. Cova des Burrí (Fig. 19).

FAMÍLIA CIROLANIDAE

Metacirolana ponsi Jaume i Garcia, 1992

Consideracions taxonòmiques. És la primera espècie coneguda amb característiques estigobionts d'afinitats incertes. *M. hansenii* és una espècie batial oculada del nord Atlàntic; *M. fishelsoni* descrita del golf d'Aqaba, també ha estat recol.lectada a aigües mediterrànies (Alexandria, Egipte). El gènere *Metacirolana* és distribuït per altres indrets del món, principalment en esculls coral·lins. L'absència d'espècies estretament emparentades amb *M. ponsi* en la Mediterrània podria considerar-se com un possible ancestre, present en els esculls coral·lins del Miocè a Cabrera. Estaríem davant una espècie relictual pre-Messiniana (Jaume i Garcia, 1992).

Corologia. Espècie coneguda únicament de la Cova des Burrí (Cabrera).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie estigobiont.

Localitzacions. Cova des Burrí (Fig. 20).

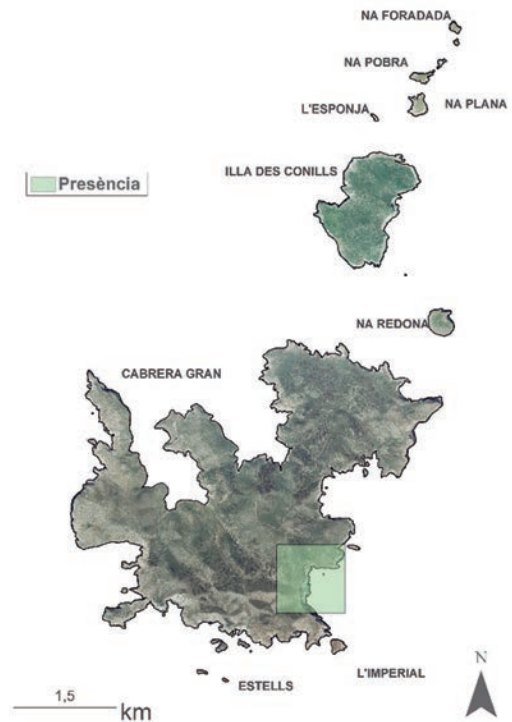


Figura 19. Distribució de *Tethysbaena scabra*.

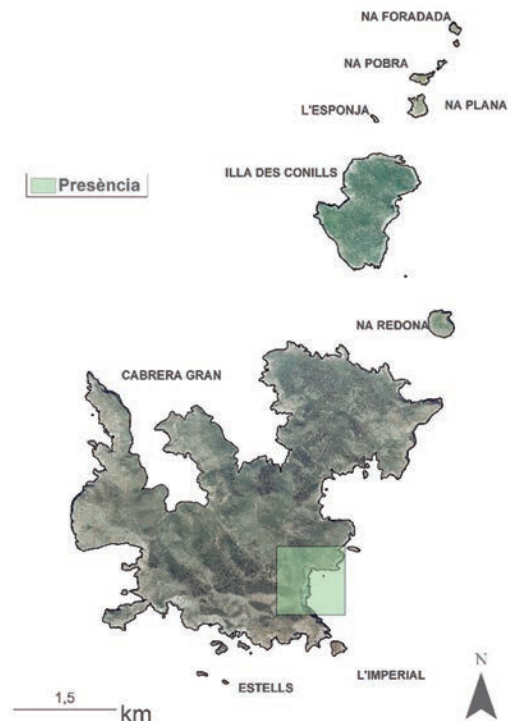


Figura 20. Distribució de *Metacirolana ponsi*.

Typhlocirolana moraguesi Racovitza, 1905

Consideracions taxonòmiques. Espècie emblemàtica en el món de la biospeleologia. Pujiula (1911) descriu *Typhlocirolana lulli* de les Coves dets Hams, essent en realitat aquesta espècie. Menacho (1911) també designa com a *Gammarus caecus* a aquesta espècie. Racovitza (1912) clarifica totes aquestes assignacions. Pretus (1986) descriu *T. moraguesi aureae* en base a petites diferències biomètriques.

Corologia. Endemisme discutit doncs espècies afins han estat capturades per tota la conca de l'Ebre i llevant ibèric. Exemplars de les aigües freàtiques sicilianes ha estat inclosos dins d'aquest tàxon. En aquest darrer cas pot tractar-se d'una espècie diferent (Caccone *et al.*, 1986). A les Balears ha estat citada a nombroses cavitats de Mallorca, Menorca, Cabrera i sa Dragonera. Recentment ha estat trobada a pous del paleozoic de Menorca (Roman, dades inèdites).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie troglòbia. Element troglòbi, freatobi amb capacitat per a viure indistintament en aigües dolces o salobres. Ha estat localitzades en aigües d'entre 5 i 9 g de sal/l.

Localitzacions. Cova des Burri (Cabrera Gran) (Fig. 21).

FAMÍLIA CYCLOPINIDAE

Troglocyclopina balearica Jaume i Boxshall, 1996

Consideracions taxonòmiques. Gènere monoespècífic que sembla ser una espècie ancestral entre els copèpodes ciclopínids (Jaume i Boxshall, 1996).

Corologia. Coneguda de distintes coves de la costa del SE de Mallorca, des de Capdepera fins a Felanitx, així com a dues coves de Cabrera (Burri i la cova de sa Llumeta de l'illa dels Conills).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Es coneix exclusivament de coves anquihalines.

Localitzacions. Cova des Burri i Cova de sa Llumeta (Fig. 22).

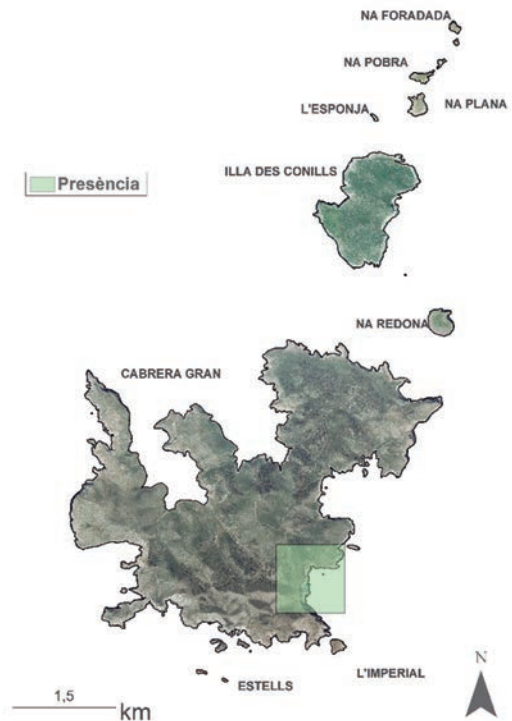


Figura 21. Distribució de *Typhlocirolana moraguesi*.

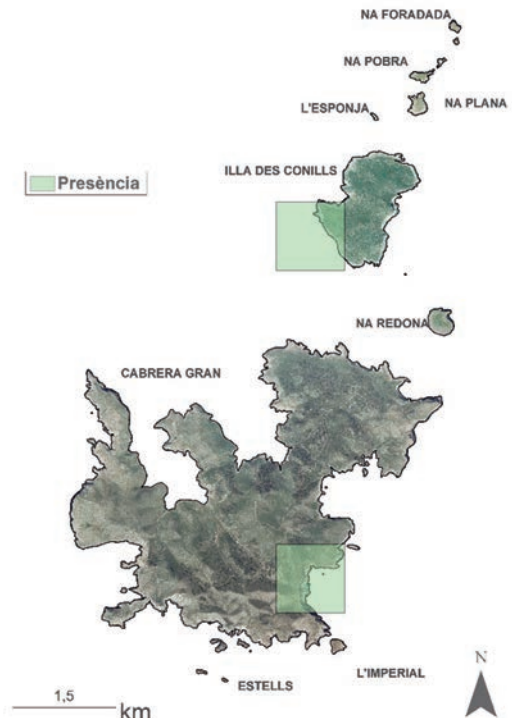


Figura 22. Distribució de *Troglocyclopina balearica*.

Speleophriopsis balearicus Jaume i Boxshall, 1996

Consideracions taxonòmiques. Sembla ser una espècie de característiques ancestrals del grup dels copèpodes Misophrioida.

Corologia. S'ha citat de Mallorca, Menorca i arxipèlag de Cabrera.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie pròpia d'ambients cavernícoles anquihalins.

Localitzacions. Cova des Burrí (Fig. 23).

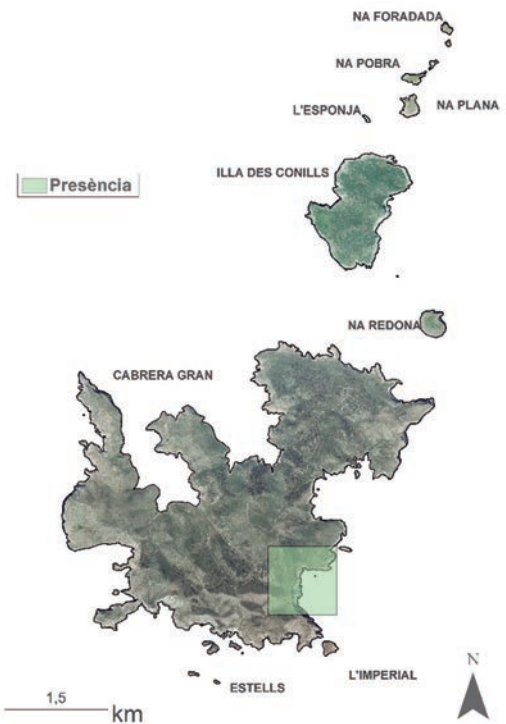


Figura 23. Distribució de *Speleophriopsis balearicus*.

FAMÍLIA ARMADILLIDIIDAE

Ballodillium pilosum Vandel, 1961

Consideracions taxonòmiques. Espècie descrita inicialment de Menorca (Vandel, 1961) sobre un únic exemplar mascle. Els exemplars de Cabrera s'ajusten a la descripció del tipus, emperò els pèls característics que donen nom a l'espècie són molt més curts que els considerats pel seu descriptor (Garcia i Cruz, 1993)

Corologia. Espècie descrita de la Cova de Sant Agustí (Es Mercadal). Gènere i espècie endèmics de les Gimnèsies, recol·lectat tant a l'exterior com a distintes coves de Mallorca, Menorca i Cabrera (Vandel, 1961; Cruz; 1989; Garcia i Cruz, 1993; Garcia i Pons, dades inèdites).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Malgrat tots els exemplars capturats, fins a les hores, han estat trobats a coves, encara que no compta amb les característiques pròpies dels troglobis. És una espècie troglòfila.

Localitzacions. Es Burrí, Illa des Conills i Serra de ses Figueres (Fig. 24).

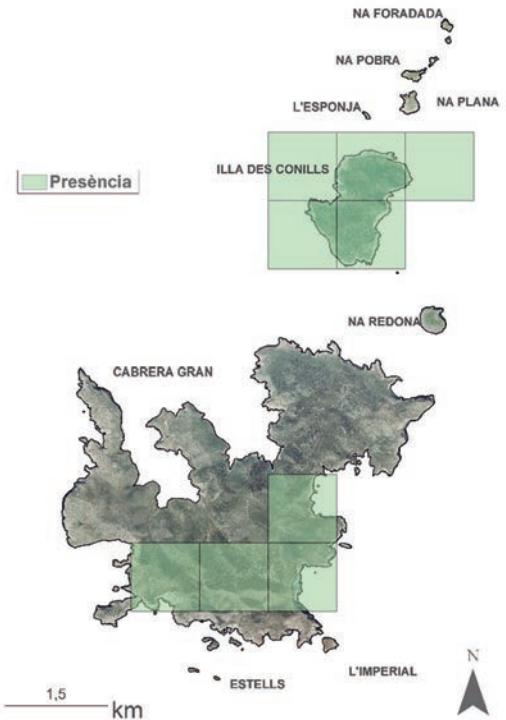


Figura 24. Distribució de *Ballodillium pilosum*.

FAMÍLIA ASELLIDAE

Proasellus coxalis gabriellae (Margalef, 1950)

Consideracions taxonòmiques. Subespècie adscrita inicialment al gènere *Asellus*. Gènere d'origen molt antic i dispersió actual circummediterrània. Margalef (1950) considera aquesta subespècie afí amb *P. c. banyulensis* de Catalunya i del llevant ibèric i *P. c. peyerimhoffi* del nord d'Àfrica.

Corologia. L'espècie té una distribució perimediterrània, amb una àrea satèl·lit al nord d'Europa. Localitzada a alguns pous d'Inca, Torrent de Sant Miquel (Campanet), Font den Vidal (Pollença), distintes fonts i torrents de Menorca, riu Santa Eulàlia a Eivissa i pous de Sant Francesc a Formentera i de Cabrera (Pons i Palmer, 1996).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie troglòfila, pobladora de canals properes a zones agrícoles. També es pot trobar a aigües freàtiques (pous i cursos d'aigua hipogeus). Se tracta d'una subespècie obscurícola, parcialment despigmentada. L'espècie és incapaç de resistir la dessecació, així com de produir cap mena de propàgul dispersiu (Jaume, 1993).

Localitzacions. Cocons den Gelat (Fig. 25).

FAMÍLIA JANIRIDAE

Troglolaniropsis lloberai Jaume, 1995

Consideracions taxonòmiques. Gènere endèmic monospecífic que té el seu representant superficial en el gènere *Ianiropsis* (Jaume, 1995).

Corologia. Coneguda de Cabrera (Cova de sa Llumeta a l'illa des Conills) i de Mallorca (Cova de na Barxa i Cova de na Mitjana, Capdepera).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie troglòbia portadora d'unes llarguíssimes antenes, colonitzadora d'ambients anquihalins.

Localitzacions. Cova de sa Llumeta (illa des Conills) (Fig. 26).

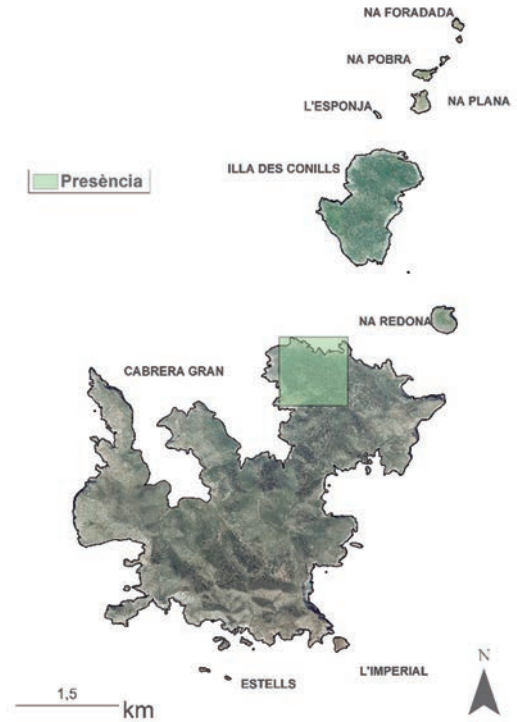


Figura 25. Distribució de *Proasellus coxalis gabriellae*.

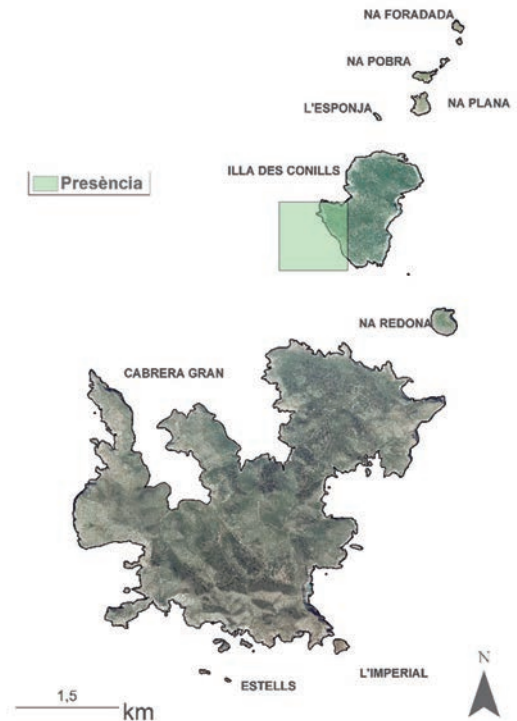


Figura 26. Distribució de *Troglolaniropsis lloberai*.

FAMÍLIA MELITIDIDAE

Psammogammarus burri Jaume i Garcia, 1992

Consideracions taxonòmiques. Aquest és el tercer representant del gènere en la regió Mediterrània *Psammogammarus gracilis* de la costa de Malta i *P. caecus* descrit de la costa Dàlmata, però posteriorment recol·lectat del golf de Nàpols, Sicília i les costes mediterrànies franceses (Jaume i Garcia, 1992). No obstant, presenta tota una sèrie de característiques fenètiques amb dues espècies de les Filipines (*P. philipensis* i *P. fluviatilis*) i cap amb els altres representants de la Mediterrània. Espècie de gran talla (12 mm) de troglobització morfològica acusada

Corologia. Espècie coneguda exclusivament de la Cova des Burrí (Cabrera Gran).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie de costums creviculars, capturada a la zona més fonda del llac anquihalí de la Cova des Burrí.

Localitzacions. Cova des Burrí (Cabrera Gran) (Fig. 27).

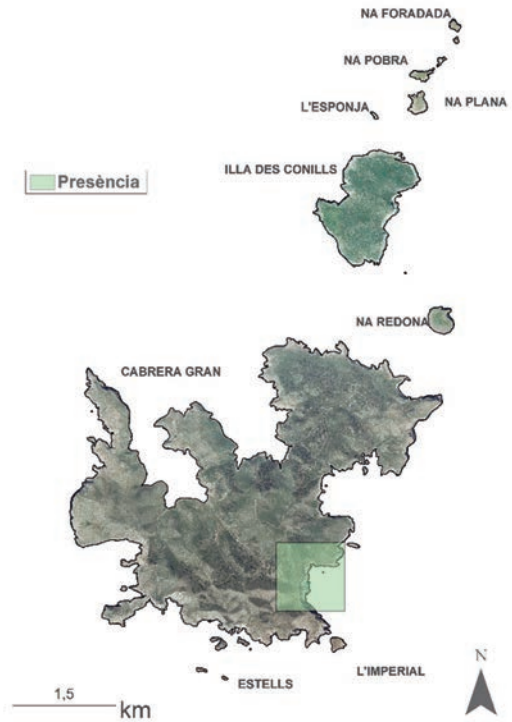


Figura 27. Distribució de *Psammogammarus burri*.

Pseudoniphargus daviui Jaume, 1991

Consideracions taxonòmiques. Espècie possiblement derivada d'un ancestre diferent per a cada espècie simpàtrica (*P. daviui* i *P. triasi*) d'aquesta localitat es situaria abans del Tortonian, en el complex de la paleo-illa composta per Mallorca i Cabrera.

Corologia. Font de Can Feliu (Cabrera Gran) i Dolç de n'Ensiola. A hores d'ara, endèmic de Cabrera.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Troglòfil i detritòfag en sentit ampli. Simpàtric amb *P. triasi*.

Localitzacions. Font de Can Feliu i Dolç de n'Ensiola (Cabrera Gran) (Fig. 28).

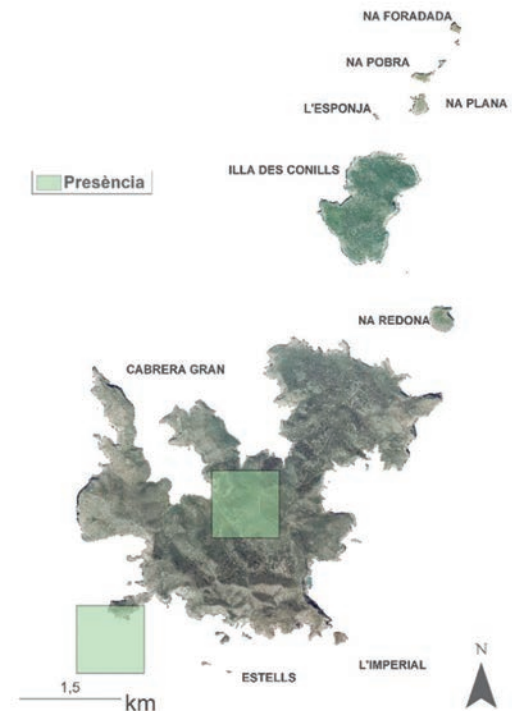


Figura 28. Distribució de *Pseudoniphargus daviui*.

Pseudoniphargus triasi Jaume, 1991

Consideracions taxonòmiques. Espècie possiblement derivada d'un ancestre diferent per a cada espècie simpàtrica d'aquesta localitat es situaria abans del Tortonià, en el complex de la paleo-illa composta per Mallorca i Cabrera.

Corologia. Font de Can Feliu (Cabrera Gran). A hores d'ara, endèmic de Cabrera.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie simpàtrica amb *P. daviui*. Element detritòfag en senti ampli.

Localitzacions. Font de Can Feliu (Cabrera Gran) (Fig. 29).



Figura 29. Distribució de *Pseudoniphargus triasi*.

FAMÍLIA MYSIDAE

Burrimysis palmeri Jaume i Garcia, 1993

Consideracions taxonòmiques. Gènere monoespecífic endèmic de les Balears caracteritzat, junt amb els gèneres *Mysidetes* i *Deltamysis*, per no presentar hipertròfia dels artells de l'endopodit del tercer apèndix toràcic, així com per l'absència de dimorfisme sexual en els pleòpodes, que es mantenen rudimentaris. No obstant, es diferencia d'ambdós gèneres, entre altres característiques, per la forma i armadura del telson i dels uròpodes. Les seves afinitats filètiques i significat biogeogràfic són incertes.

Corologia. Gènere i espècie endèmics de Cabrera i sud de Mallorca, espècie coneguda de la Cova des Burrí i de la cova des Dolç (Colònia de Sant Jordi) (Gràcia *et al.*, 2014).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie de troglobització morfològica acusada. Espècie de costums creviculars, capturada a la zona més fonda del llac anquihalí de la Cova des Burrí.

Localitzacions. Cova des Burrí (Cabrera Gran) (Fig. 30).

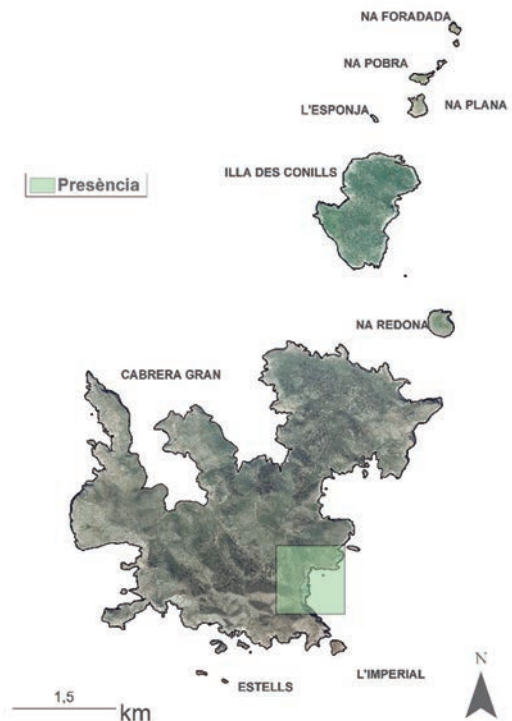


Figura 30. Distribució de *Burrimysis palmeri*.

FAMÍLIA EUMENIDAE

Ancistrocerus ebusianus (Lichtenstein 1884)

Consideracions taxonòmiques. Espècie relacionada amb *A. gazelloides* de Sardenya (Giordani-Soika, 1963).

Corologia. Espècie endèmica de Mallorca, Eivissa i Cabrera, citada del Puig des Molins, Can Furnet, platja den Bossa, Carretera de Sant Francesc de ses Salines a la Torre de la Sal Rossa (Vila d'Eivissa), Platja des Codolar, Cala des Jondal, Porroig, Puig de cas Serres (Sant Josep) (Hohmann, 1984). Tot i que se tenen dades de la seva presència a Cabrera, no es compten a dades concretes de localització (Pons i Palmer, 1996; Sanza, 1997; Baldock, 2014; Baldock *et al.*, 2020).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Colonitzadora de distints ambients, zona de garriga i platjes (Hohmann, 1978). Els eumènids són espècies solitàries, i mai formen societats. Les larves s'alimenten de preses vives, generalment larves de lepidòpters prèviament anestesiades per la femella. Els nius on es desenvolupa la larva tenen formes característiques per a cada espècie. Hohmann (1984) la recol·lectà sobrevolant: *Ficus carica*,

Pistacia lentiscus, *Cistus albidus*, *Coridothymus capitatus* i compostes de color groc. A. Traveset la recol·lecta sobre les flors d'*Euphorbia dendroides*.

FAMÍLIA CARABIDAE

Percus espanyoli (Lagar, 1965)

Consideracions taxonòmiques. Espècie fortament emparentada amb *P. plicatus* (endemisme gimnèsic). Confosa amb *P. plicatus degouvei* pel seu aspecte llis. Tenenbaum (1915) ja nota que els exemplars de *P. plicatus* de Cabrera tenen els èlitres llisos, sense l'escultura típica de *plicatus*, presumpta forma nova que relaciona amb *degouvei*; ben diferent per la seva talla menor, èlitres més curts i altres aspectes diferenciadors. Per la seva talla recorda a *P. reichei* de Còrsega, però d'aspecte general és totalment diferent (Lagar, 1965).

Corologia. Espècie descrita originalment de l'illa de Cabrera i de na Foradada (arxipèlag de Cabrera) (Lagar, 1965). Jeanne i Zaballos (1986) recullen la citació de na Foradada, però des de la seva descripció mai més no s'ha retornada a trobar (Palmer i Petitpierre, 1993). Aquests mateixos autors la recol·lecten a l'illa des Conills (arxipèlag de Cabrera).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie colonitzadora i distribuïda homogèniament a tots els ambients de l'illa de Cabrera (pinars, garrigues, zones litorals...). Menys abundant a l'illa dels Conills. De dia es troba sota pedres. Espècie abundant, nocturna i depredadora. És

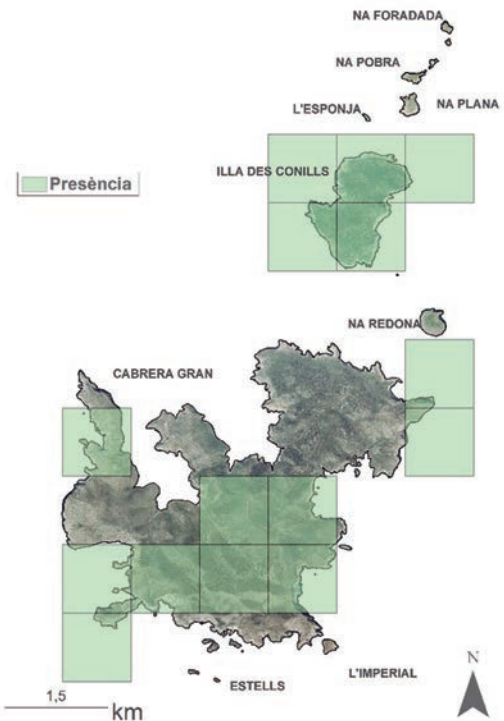


Figura 31. Distribució de *Percus espanyoli*.

molt resistent a les condicions ambientals més diverses i adverses. És conegut que forma part de la dieta de les genetes, eriçons i rates de Cabrera (observacions personals).

Localitzacions. Punta d'Ensiola, Monument als Francesos, Cas Garriguer, Na Miranda, Es Burrí, Can Feliu, Carena entre es Burrí i Cala en Ganduf, Cap Ventós i Illa des Conills. S'han realitzat les següents observacions personals: Punta d'Ensiola, Cova des Burrí, Na Miranda i Es Llenegall (Figs. 31 i 32).



Figura 32. *Percus espanyoli*.

FAMÍLIA MELOLONTHIDAE

Elaphocera capdebouii Gene, 1836

Consideracions taxonòmiques. Espècie relacionada amb estretament amb l'endemisme d'Eivissa *E. ibicensis*.

Corologia. Espècie endèmica de Mallorca, de Cabrera i de sa Dragonera. Coneguda principalment de la zona sud de la Serra de Tramuntana (Pons i Palmer, 1990), Cabrera (Palmer i Petitpierre, 1993). Cites aïllades de Palma (Compte, 1953), Campus UIB (Palma) i Bunyola (Pons i Palmer, 1996).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie comuna a garrigues i zones obertes. Espècie bona voladora. La fase larvària la passen enterrades i eclosionen després de les primeres pluges de la tardor, quasi de forma explosiva. Malgrat no hi ha dades disponibles per aquesta espècie, les larves d'espècies properes viuen enterrades i s'alimenten d'arrels de diferents vegetals.

Localitzacions. Cocons den Gelat (Cabrera Gran) (Fig. 33).

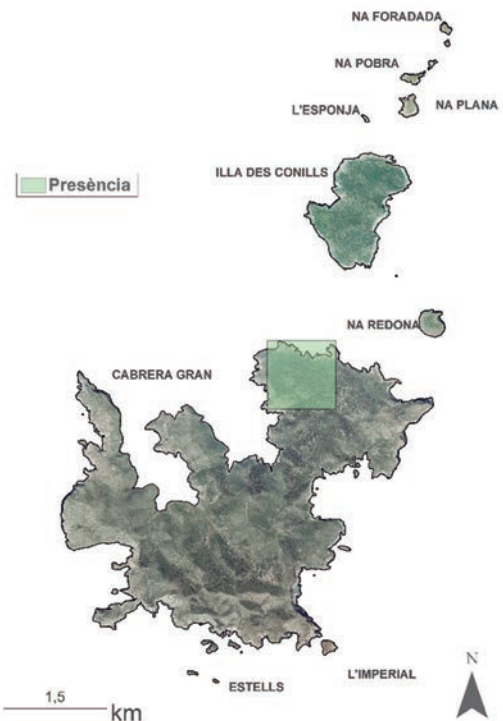


Figura 33. Distribució d'*Elaphocera capdebouii*.

FAMÍLIA TENEBRIONIDAE

Tentyria schaumii Kraatz, 1865

Consideracions taxonòmiques. Espècie filogenèticament propera a *T. ophiusae*, l'altre endemisme balear del gènere *Tentyria*.

Corologia. Endemisme de les Gimnèsies, abundant arreu de Mallorca, Menorca, Cabrera (tan sols a certs illots) (Palmer i Petitpierre, 1993) i sa Dragonera.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Més abundant a la franja litoral, però es poden trobar moltes poblacions a l'interior. La majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli.

Localitzacions. Illa de na Redona, illa de na Plana i illa de na Foradada (Fig. 34).

Stenosis intricata (Reitter, 1886)

Consideracions taxonòmiques. Español (1958) esmenta petites diferències entre el material de les Pitiüses i el de les Gimnèsies, sense donar, però, cap estatus taxonòmic diferencial a cap de les poblacions.

Corologia. Coneguda de les Balears i de les Illes Medes. D'aquesta última localitat, si realment és present, el més probable és que hagi estat introduïda. De totes formes, caldria confirmar la presència d'aquesta espècie a les illes Medes, doncs en el treball d'Español (1940) sembla indicar amb aquest nom el grup d'illes que conformen ses Bledes (terme municipal de Sant Antoni, Eivissa), pel que es podria tractar d'un error toponímic. De Cabrera ha estat citada per Palmer i Petitpierre (1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Més abundant a la franja litoral, però es poden trobar moltes poblacions a l'interior. Espècie de ecologia desconeguda, no obstant, la majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli.

Localitzacions. Monument als Francesos, illa de na Foradada, illa de na Pobra, illa de na Plana, illa de l'Esponja, illa des Conills, illa de na Redona, illa des Fonoll, Estell Xapat de Llevant, Estell Xapat de Ponent, Estell de s'Esclata-sang, illa de l'Imperial, Estell de Fora i Estell des Coll (Fig. 35).

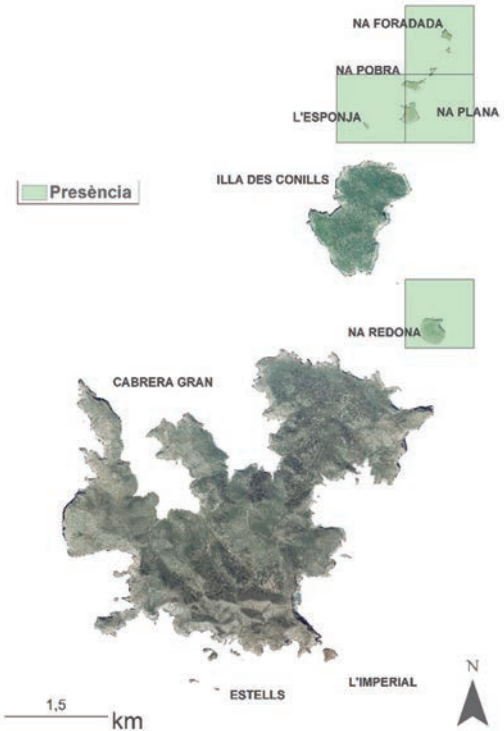


Figura 34. Distribució de *Tentyria schaumii*.

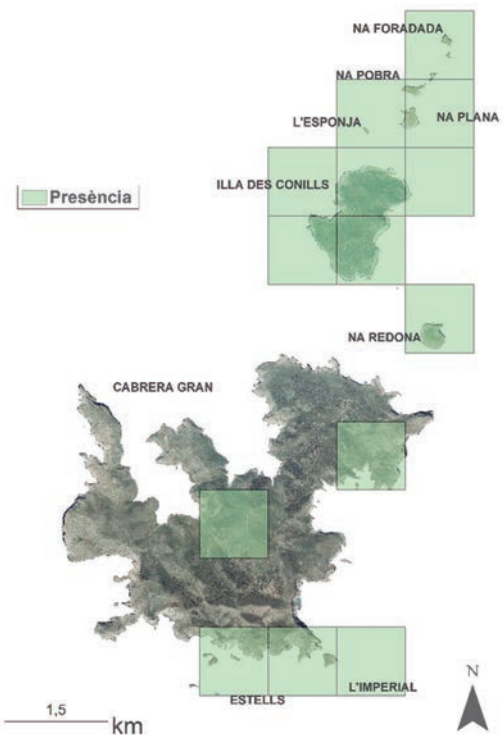


Figura 35. Distribució de *Stenosis intricata*.

Asida planipennis cabrerensis Viñolas i
Cartagena, 2005

Consideracions taxonòmiques. Palmer i Petitpierre (1993) ja indicaven que per la seva biometria les poblacions de Cabrera es podien diferenciar clarament en dos grups. L'illa gran de Cabrera, de mida més grossa, i les poblacions d'altres illots de Cabrera (na Plana, illa des Conills i na Redona) de talla més petita.

Corologia. Els individus de Cabrera Gran són més grossos que les poblacions dels illots de l'arxipèlag. Als illots propers a la Colònia de Sant Jordi (Na Moltona i Na Guardis) també s'hi troben exemplars de talla molt petita.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Pròpia de llocs amb poca cobertura vegetal. Preferentment hivernal, presenta un acusat mimetisme que la fa passar desapercebuda. A Cabrera Gran és depredada, entre d'altres espècies, per la geneta.

Localitzacions. Puig de s'avenc des Frare, Es Burri, Cas Garriguer, Na Miranda (coll cap es Cap Ventós), Punta d'Ensiola, Port de Cabrera, illa de na Plana, illa des Conills i illa de na Redona (Fig. 36).

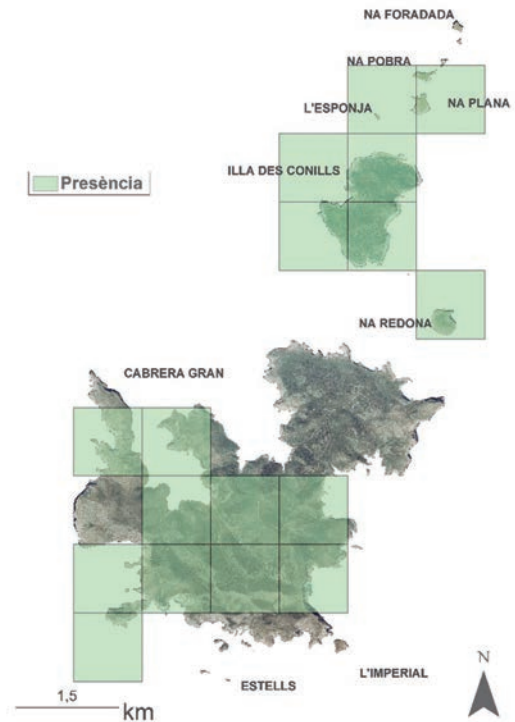


Figura 36. Distribució d'*Asida planipennis cabrerensis*.

Dendarus depressus Reitter, 1915

Consideracions taxonòmiques. *D. depressus* està filogenèticament relacionada amb l'espècie cirno-sarda *D. carinatus*. Sembla ésser un paleoendemisme, amb l'origen relacionat amb l'aïllament de poblacions ibèriques per deriva de la microplaca gimnèsica (Palmer, 1994).

Corologia. Espècie coneguda de Mallorca, Menorca i Cabrera. Espècie molt rara, amb poblacions molt disperses. De Cabrera ha estat citat de l'Illa de l'Esponja (Palmer i Petitpierre, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Una de les poblacions de la Serra de Tramuntana és troglòxena, però predominen les poblacions de franja litoral (majoritàriament a illots) de costums lapidícoles. La majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli.

Localitzacions. Illa de l'Esponja (Fig. 37).

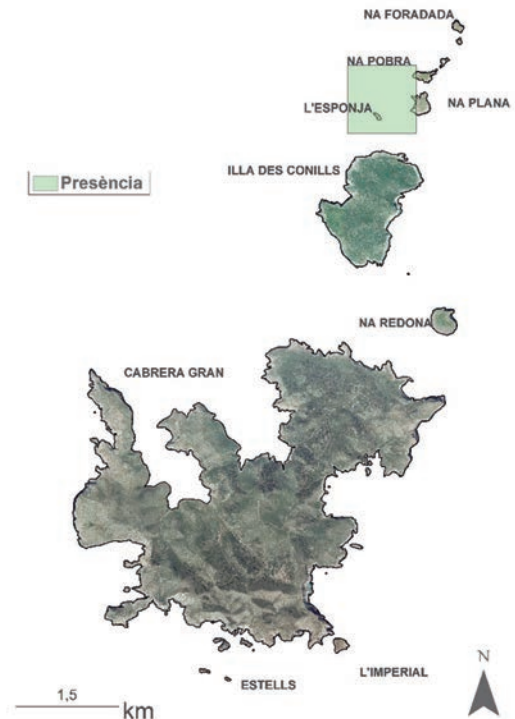


Figura 37. Distribució de *Dendarus depressus*.

Phylan semicostatus (Mulsant i Rey, 1854)

Consideracions taxonòmiques. *P. semicostatus* forma amb *P. nitidicollis* el subgènere *Litororus*, ben diferenciat de la resta d'espècies del gènere *Phylan*, però amb afinitats ibèriques. Mulsant i Rey (1854) estudien els materials recol·lectats per Chevrolat i Reiche, el primer ja etiqueta *Phylax semicostatus*, mentre que els descriptors l'assignen inicialment al gènere *Micrositus*.

Corologia. Espècie àmpliament distribuïda per totes les Gimnèsies (Mallorca, Menorca, part de l'arxipèlag de Cabrera –Palmer i Petitpierre, 1993- i sa Dragonera). Comuna tant a zones litorals com a cims muntanyencs. Mulsant i Rey (1854) la indiquen de Mallorca, Espanya meridional i Algèria. Les citacions alienes a Mallorca es tracten realment d'altres espècies actualment ben diferenciades de *P. semicostatus*.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Molt abundant. Espècie pròpia de la franja litoral rocosa i dels cims muntanyencs. Es pot trobar també a altres indrets de l'interior però defuig les localitats amb vegetació ombrívola, ja siguin boscos o garrigues denses. La majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli.

Localitzacions. Estell de Fora, Estell Xapat de Llevant, Estell Xapat de Ponent, illa de l'Imperial, illa de ses Rates, illa de ses Bledes, illa des Fonoll, illa de na Redona, Estell de s'Esclata-sang i Estell des Coll (Fig. 38).

Phylan nitidicollis (Pérez-Arcas, 1872)

Consideracions taxonòmiques. Español (1947) indica que l'espècie no és reconeguda per Reitter (1915), però no fa referència a cap article en concret. L'anàlisi morfomètrica (Palmer, 1994) recolza la separació entre *P. semicostatus* i *P. nitidicollis*. Aquestes dues espècies pertanyen al subgènere (*Litororus*) ben diferenciat de les altres espècies del gènere.

Corologia. Endemisme de Cabrera, només viu a l'illa gran i als illots situats al sud de na Redona, inclosa aquesta darrera illa. Al nord, des de l'illa des Conills fins a na Foradada viu *P. semicostatus* (Palmer i Petitpierre, 1993). La descripció original (Pérez-Arcas, 1872), sorprenentment, dona com a localitat típica Mallorca, quan és un endemisme conegut exclusivament de Cabrera.

Hàbitat i altres dades ecològiques. A l'arxipèlag de Cabrera és una espècie abundant per tot arreu. La majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli.

Localitzacions. Port de Cabrera, Puig de s'avenc des Frare, Morro den Tià, Es Burri, Na Miranda (coll cap es Cap Ventós), illa de na Redona, illa des Fonoll, illa de ses Bledes, illa de ses Rates, Estell de s'Esclata-sang, Estell Xapat de Ponent, Estell Xapat de Llevant, Estell des Coll, Estell de Fora i illa de l'Imperial. S'han realitzat les següents observacions personals: Punta d'Ensiola (Figs. 39 i 40).

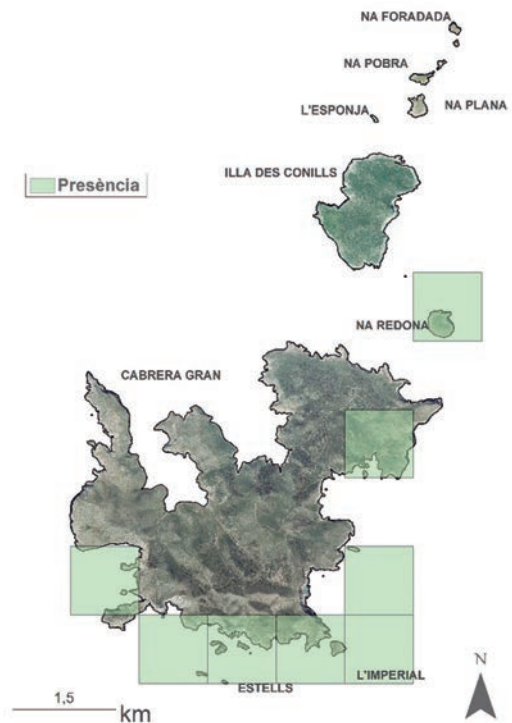


Figura 38. Distribució de *Phylan semicostatus*.



Figura 40. *Phylan nitidicollis*.

Crypticus pubens balearicus Español,
1950

Consideracions taxonòmiques. La subespècie *C. pubens balearicus* és un endemisme de les Balears, i la subespècie nominal es pot trobar al Marroc i al sud de la península Ibèrica. *C. pubens balearicus* presenta una mida corporal més grossa, les antenes més gruixades i la puntuació del pronot més fina i dispersa

Corologia. Restringida a alguns illots de Cabrera i alguns illots del freu entre Eivissa i Formentera. Citada per Español (1950; 1951; 1954; 1972; 1984), Palmer i Petitpierre (1993), Palmer (1994).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Pròpia de la franja litoral. Presenta una lleugera tendència sabulícola, però no colonitza les dunes poc fixades. La majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli. La seva distribució es solapa amb l'àrea de nidificació de certes aus marines i, de forma parcial, amb l'àrea de distribució d'una sèrie de plantes, la qual cosa indueix a pensar que aquesta espècie es podria dispersar per ornitocòria.

Localitzacions. Illa de na Foradada, illa de na Pobra, illa de na Plana i illa de l'Esponja (Fig. 41).

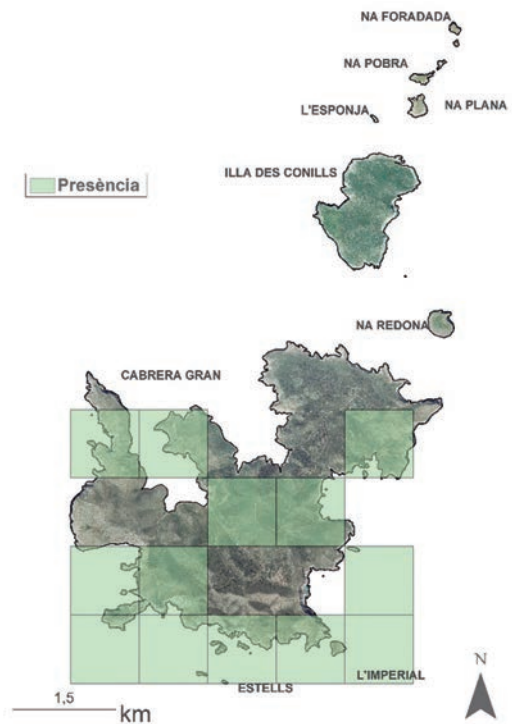


Figura 39. Distribució de *Phylan nitidicollis*.

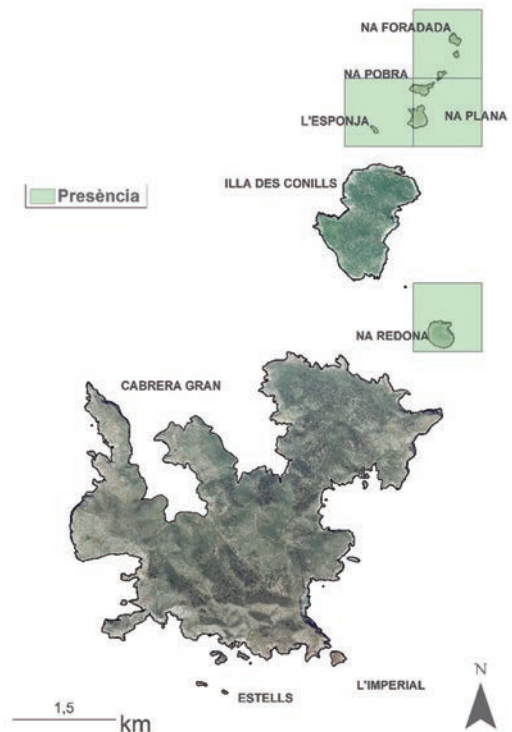


Figura 41. Distribució de *Crypticus pubens balearicus*.

Nesotes viridicollis (Schaufuss, 1869)

Consideracions taxonòmiques. Contrastant amb la subespècie *N. viridicollis ibicensis* (amb mida i escultura molt uniforme), la subespècie nominal presenta mida i forma corporals molt variables. Aquesta és una característica comuna amb certes espècies de *Nesotes* de les Canàries, però que de qualsevol manera seria aconsellable una revisió taxonòmica del material de les Gimnèsies, a fi de dilucidar si aquesta variabilitat morfològica està lligada a qualche tipus de diferenciació taxonòmica. Descrit originalment dintre del gènere *Helops*.

Corologia. Espècie àmpliament distribuïda per totes les Gimnèsies, malgrat que normalment és localment escassa. Coneguda de totes les Gimnèsies: Mallorca, Menorca, Cabrera (Palmer i Petitpierre, 1993) i sa Dragonera. La localitat típica és desconeguda, però a la descripció original, Schaufuss (1869), esmenta material del Toro (Menorca) i de Palma de Mallorca.

Hàbitat i altres dades ecològiques. Viu sota l'escorça de diferents arbres, així com sota pedres. Pot trobar-se a localitats amb qualsevol tipus de vegetació, des de la franja litoral rocosa fins als cims muntanyecs, passant per garrigues i boscos. La majoria de les espècies de tenebrionids són detritòfagues en sentit ampli. Podria tractar-se d'una espècie micetòfaga.

Localitzacions. Port de Cabrera, Monument als Francesos, illa de na Foradada, illa de na Pobra, illa de na Plana, illa des Fonoll, illa de ses Bledes, illa de l'Imperial, Estell Xapat de Llevant i Estell des Coll (Fig. 42).

Alphasida depressa (Solier, 1836)

Consideracions taxonòmiques. Presenta un diformisme sexual tan acusat que el macel i la femella varen ser descrits com a espècies diferents. Les femelles són quasi el doble de grosses que els mascles, i presenten unes costelles elitrals ben marcades, mentre que els mascles tenen els èlitrals ben llisos. No s'han detectat diferències biomètriques importants entre les diferents poblacions de Cabrera i de Mallorca.

Corologia. Citada de Mallorca i Menorca. A l'arxipèlag de Cabrera és molt abundant, tant als illots com a Cabrera Gran. Recullen aquesta espècie Palmer (1990; 1991) i Palmer i Petitpierre (1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. És una espècie nocturna i durant el dia es troba sota pedres.

Localitzacions. Monument als Francesos, Es Burrí, Na Miranda, Cap Ventós, Puig de s'avenc des Frare, illa de na Foradada, illa de na Pobra, illa des Conills, illa des Fonoll, illa de ses Rates, illa de l'Imperial, Estell Xapat de Llevant, Estell des Coll i Estell de Fora. S'han realitzat les següents observacions personals: Es Llenegall, camí entre Caló des Forn i Caló dels Palangrers, camí entre Codolar des Burrí i Caló des Macs, S'Espalmador (Figs. 43 i 44).

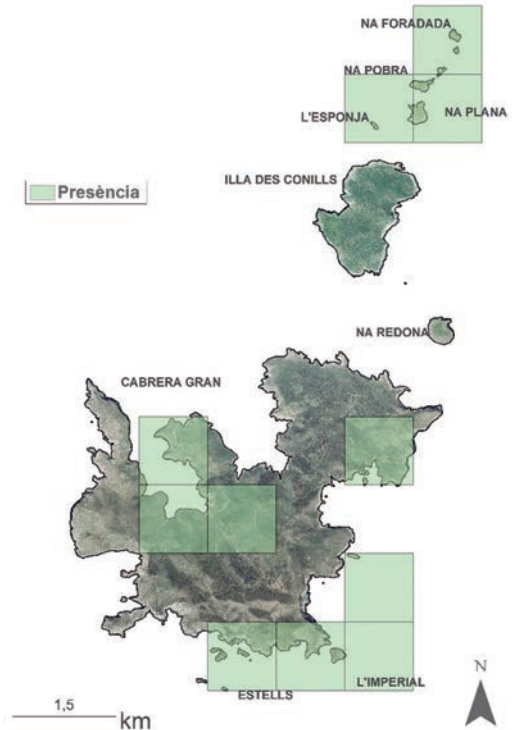


Figura 42. Distribució de *Nesotes viridicollis*.

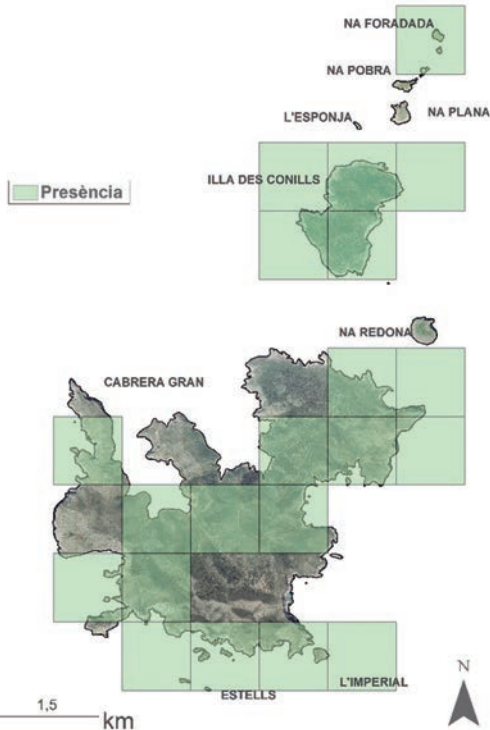


Figura 43. Distribució d'*Alphasida depressa*.



Figura 44. *Alphasida depressa*.

FAMÍLIA CHRYSOMELIDAE

Cryptocephalus majoricensis (La Fuente, 1918)

Consideracions taxonòmiques. Aquesta espècie es situa entre *C. fulvus* (espècie de distribució paleàrtica, assenyalada de quasi totes les illes de les Balears) i *C. equiseti* (espècie sarda). Es distingeix clarament per la forma de l'escultura (Jolivet, 1953).

Corologia. Coneguda exclusivament de Mallorca i de Cabrera. Jordà (1922) la indica de Ternelles i Can Sales, a Pollença, i de s'Arenal de Son Sunyer. Palmer i Petitpierre (1993) la citen de Cabrera. Jolivet (1953) la indica de: Palma, Son Sunyer, Pollença, Ternelles i Can Sales, les mateixes localitats apuntades per Jordà (1922).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie colonitzadora de garrigues i zones obertes. Les distintes espècies del gènere *Cryptocephalus* presenten una gran especificitat envers la planta hoste de cada espècie i no hi ha dades específiques per a *C. majoricensis*.

Localitzacions. Can Feliu, Port de Cabrera i Na Miranda (Fig. 45).

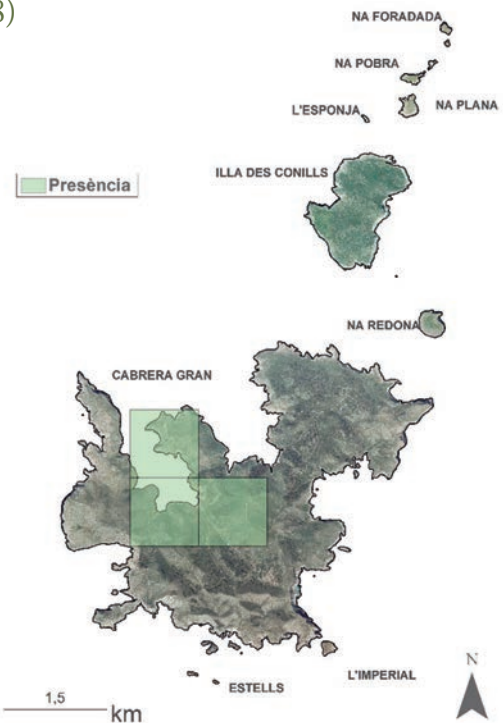


Figura 45. Distribució de *Cryptocephalus majoricensis*.

FAMÍLIA CURCULIONIDAE

Brachycerus balearicus (Bedel, 1874)

Consideracions taxonòmiques. Pardo-Alcaide (1944) fa una revisió taxonòmica de les espècies ibèriques.

Corologia. Conegut de Mallorca (per a tota l'illa, Moragues, 1889). Bellver, Palma (Breit, 1909). Cabrera (Palmer i Petitpierre, 1993). Serra de Tramuntana (Pons i Palmer, dades inèdites). Sembla que no viu a Menorca (Compte, 1967).

Hàbitat i altres dades ecològiques. L'escarabat bonyarrut, nom amb el que es coneixen els escarabats del gènere *Brachycerus*, és una espècie colonitzadora de garrigues xèriques. Exoesquelet extraordinàriament dur que el fa resistent davant dinstint perills. A més a més són fortament mimètics i presenten tanatosi, és a dir, davant qualque perill es fan el mort d'una manera molt característica. Les seves larves s'alimenten de bulbs de diferents plantes, essencialment d'*Urginea maritima* i diferents orquidàcies (Palmer i Petitpierre, 1993). Espècie comuna durant l'hivern i primavera (Moragues, 1889).

Localitzacions. Na Miranda (Coll cap es Cap Ventós), Coll Roig, Punta d'Ensiola, Puig de s'avenc de Frare i Canal de s'Aigo (Fig. 46).

FAMÍLIA LASIOCAMPIDAE

Dendrolimus pini schultzeana (Rebel, 1934)

Consideracions taxonòmiques. Subespècie propera a la forma ibèrica de la zona de Catalunya. Cuello (1993) la considera una subespècie vàlida.

Corologia. Subespècie coneguda de Mallorca de la zona de Palma i Alcúdia i de l'illa de Cabrera (Cuello, 1993).

Hàbitat i altres dades ecològiques. Espècie colonitzadora de zones boscoses amb pins. Espècie lligada als ambients amb pins, dels quals s'alimenta.

Localitzacions. Zones de pinar de tot l'arxipèlag (Fig. 47).

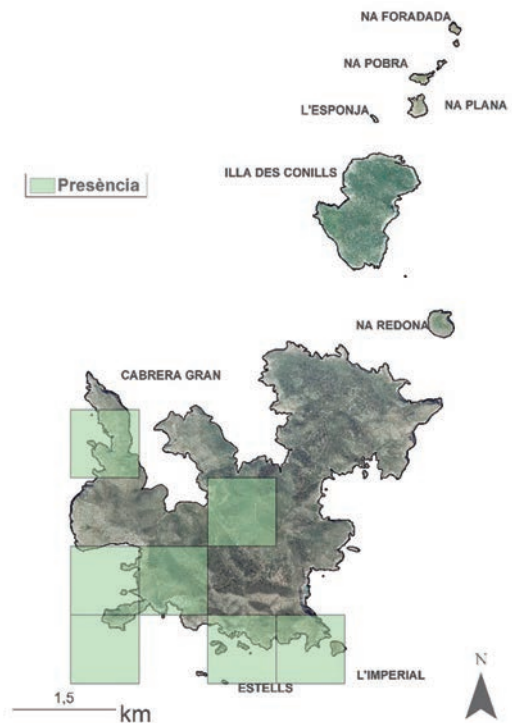


Figura 46. Distribució de *Brachycerus balearicus*.

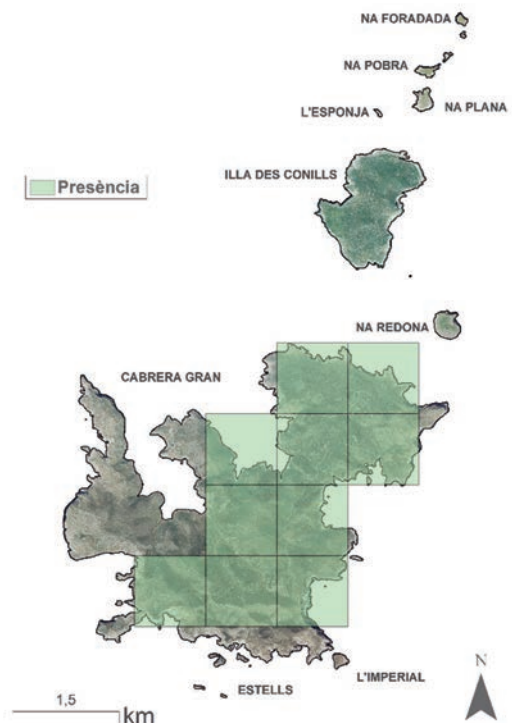


Figura 47. Distribució de *Dendrolimus pini schultzeana*.

FAMÍLIA PIERIDAE

Gonepteryx cleopatra balearica (Bubacek, 1920)

Consideracions taxonòmiques. Subespècie de dubtosa validesa taxonòmica. Es diferencia de la ssp *cleopatra* per esser de mida major i amb taques grogues dels mascles més pàl·lides i petites, i el revers alar d'un groc verdós uniforme. Emperò, segons Cuello (1980; 1993), no és aquesta la forma més comuna a l'arxipèlag, sinó que es sembla més a la forma de la península Ibèrica. Segons Perceval (1977) pertany a la ssp. *cleopatra*.

Corologia. L'espècie és present a totes les illes, la subespècie estaria distribuïda àmpliament per totes les Balears.

Hàbitat i altres dades ecològiques. La papallona llimonera o grogueta és comuna a tot tipus d'ambient. Vola durant les hores més caloroses de l'estiu. Comuna a les platges cercant flors de *Cakile maritima* (Cuello, 1980). No obstant, també ha estat vista a les zones més elevades de la Serra de Tramuntana durant el mes de març. Presenta, almanco, tres generacions amb uns màxims al final de juliol i al mes d'agost, al qual segueixen, per abundància, el mes d'abril i el de setembre/octubre (Cuello, 1980).

Localitzacions. Zones obertes (Fig. 48).

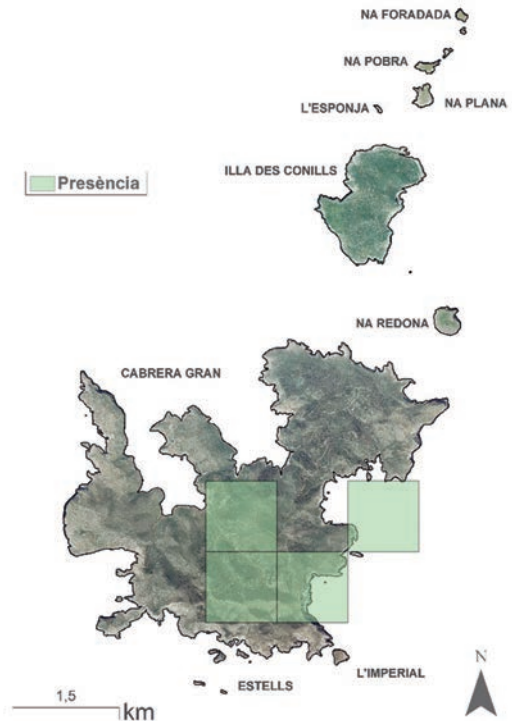
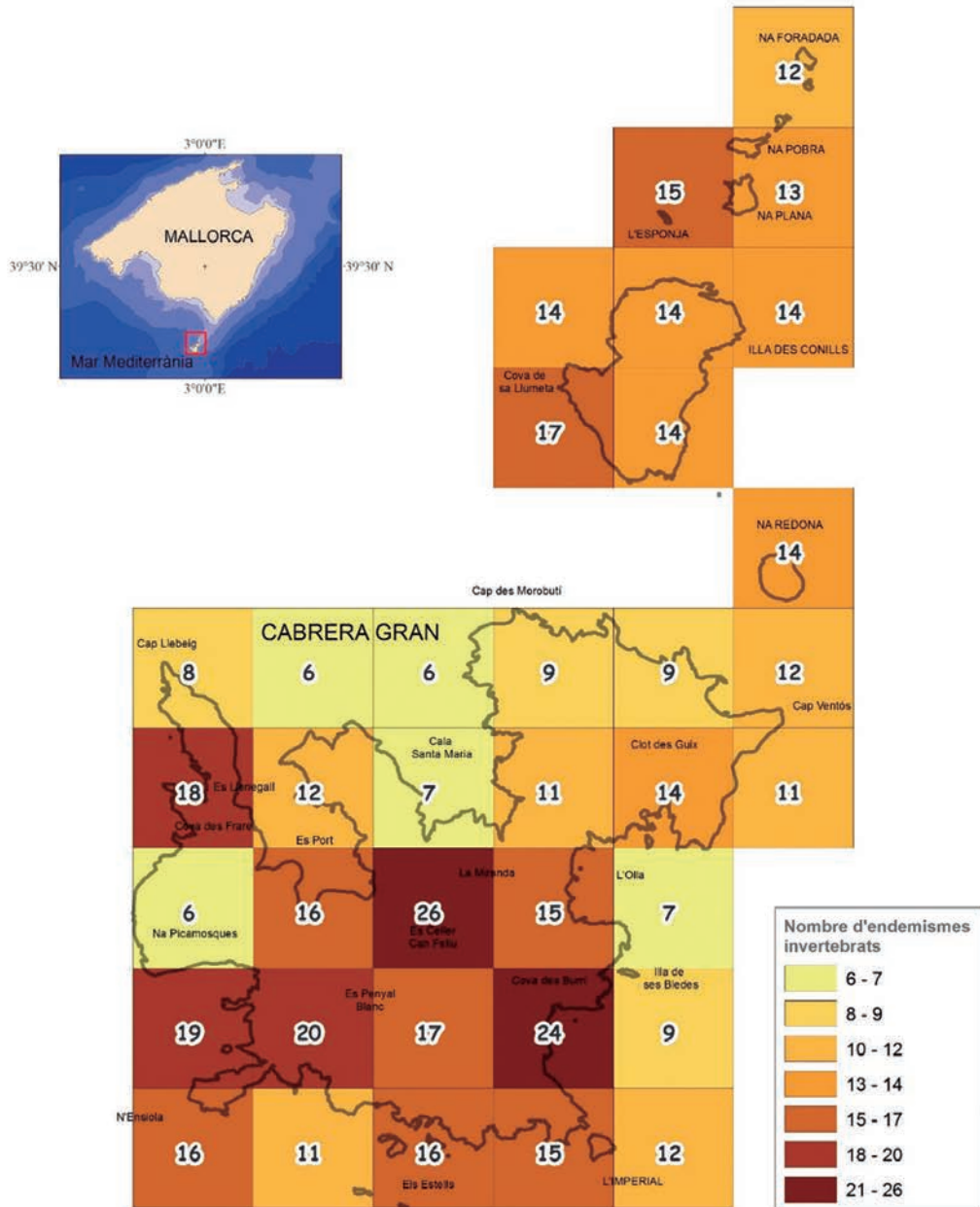


Figura 48. Distribució de *Gonepteryx cleopatra balearica*.

DISCUSSIÓ

Amb la informació individual de cada una de les espècies d'invertebrats endèmics de Cabrera s'han realitzat dos tipus d'anàlisi. Un primer de caràcter exclusivament territorial que indica presències-absències per a cada una de les quadrícules seleccionades. Tot i que és possible que hi hagi falses absències, aquestes no s'han contemplat. I una segona anàlisi, en el que s'assignen a cada espècie aquell hàbitat o hàbitats preferents. Amdues anàlisis ens serveixen per a establir criteris de sensibilitat de zones o ambients en els que es desenvolupen més o menys espècies endèmiques.

Pel que fa a la presència d'espècies per localitats (1 x 1 km²) (Fig. 49) amb un major nombre d'espècies endèmiques invertebrades, destaquen la quadrícula 13 amb vint-i-sis espècies; la 9 amb vint-i-quatre; la 7 amb vint; la 6 amb deu; la 16 amb devuit; i la 29 amb desset. Per contra, les quadrícules amb menys espècies són l'11, la 23 i la 24 amb sis espècies; la 15 i la 18 amb set; la 22 amb vuit; i la 10, la 25 i la 6 amb nou espècies.



Toponímia en base al mapa toponímic de Cosme Aguiló (1980)

Autor: Javier Pieras Sagardoy
 TFG: Anàlisi de la localització dels endemismes invertebrats de l'arxipèlag de Cabrera amb l'aplicació d'un SIG

2 km

Sistema de coordenades projectades: ETRS 89 UTM Zona 31N

Figura 49. Número d'endemismes invertebrats per UTM.

Amb els resultats obtinguts es procedirà a explicar les densitats corresponents a cada quadrícula:

- » **Quadrícula 13.** L'elevada presència d'endemismes invertebrats d'aquesta quadrícula s'explica per la gran quantitat d'ambients que recull: les zones costaneres des Port, les zones del Monument als Francesos, de Can Feliu (inclòs l'ambient humit de la mina), antigues zones de conreu de ses Quatre Quarterades, Na Miranda, Jaciment de Cas Pagès, etc.
- » **Quadrícula 9.** Destaca en gran part per la presència de la Cova des Burri (Fig. 50), on s'hi poden destriar de manera simplificada dos tipus d'hàbitats, ja que dins la pròpia cavitat es localitza una petita llacuna de tipus anquihalí (estanc sense connexió superficial amb la mar, que conté aigües salades o salobres, segons Holthius (1973). Hi ha una gran quantitat d'endemismes ja que es tracta d'un ambient aïllat. Destaquen tant espècies terrestres (*Euscorpius balearicus* o *Percus espanyoli*) com d'ambients obscurícoles o troglòbies (*Psammogammarus burri* o *Pseudoniphargus triasi*). Cal també destacar que les zones de pinar de la Serra de ses Figueres (algunes dins aquesta quadrícula) aporten una bona quantitat d'espècies com *Nemesia brauni*, *Habnia hauseri*, *Ballodillium pilosum*, així com la zona de Cas Garriguer i ses Quatre Quarterades amb espècies com *Asida planipennis cabrerensis* o *Scotolemon krausi*.



Figura 50. Entrada de la Cova des Burri.

- » **Quadrícules de n'Ensiola (1, 6 i 7).** Les quadrícules 6 i 7 presenten un nombre d'endemismes elevat: la primera per la presència de l'illa de ses Rates, on es troben, a diferència de la Punta d'Ensiola, *Alphasida depressa*, *Phylan semicostatus* i *Euscorpius balearicus*; la segona per la inclusió del Penyal Blanc (*Euscorpius balearicus* i *Alphasida depressa*) i del Coll Roig (*Brachycerus balearicus*).
- » **Quadrícula 16.** La presència de s'Avenc des Frare i la zona des Llenegall fan incrementar notablement el nombre d'endemismes invertebrats de la quadrícula. Ambdues zones conformen ambients humits: el primer una cavitat i el segon una zona de balmes a la cara nord d'un turó.
- » **Quadrícula 29.** Situada a l'illa des Conills, conté major nombre d'espècies respecte a la resta de quadrícules de l'illa per la presència de la Cova de sa Llumeta, ambient similar a la Cova des Burri, on resideixen espècies com *Trogloianiropsis lloberai* i *Troglocyclopina balearica*.

Són, per tant, les coves i balmes les que contenen amb un major nombre d'endemismes invertebrats degut a les seves condicions de doble insularitat, d'aïllament, que tenen com a resultat una potenciació en l'especiació, fixant els canvis genètics. Per una altra banda, cal destacar que tot i no tenir les quadrícules corresponents als illots una gran quantitat d'espècies en comparació a la resta, aquesta és força significativament degut a les seves reduïdes dimensions.

Pel que fa als hàbitats amb major nombre d'espècies invertebrades endèmiques destaquen les coves o balmes, amb vint-i-dues espècies. La Cova des Burri, la de sa Llumeta i s'avenc des Frare, juntament amb les balmes del Penyal Blanc o de la zona del Llenegall alberguen espècies poc comunes a altres indrets de l'arxipèlag com *Euscorpius balearicus*, *Chthonius ponsi*, *Balloodillium pilosum* o *Burrimysis palmeri*, entre d'altres. De fet, espècies com aquesta darrera, *Psammogammarus burri*, *Metacirolana ponsi* o *Chthonius ponsi* només es troben a aquestes localitats de Cabrera, sent endemismes exclusius de l'arxipèlag. Aquesta anàlisi concorda amb l'anàlisi per quadrícules, amb el qual també s'ha demostrat que les coves i balmes són les que contenen una gran part dels endemismes.

Les aigües dolces continentals, tot i contar amb un petit nombre d'espècies (5), tenen una gran importància en termes de conservació. És en aquestes aigües (Font de Can Feliu, Cocons den Gelat, dolç de n'Enciola) és on es troba una bona part dels endemismes exclusius de Cabrera com *Pseudoniphargus triasi* o *Pseudoniphargus daviui*, fet que atorga a l'hàbitat un valor afegit.

Cal tenir present que hi ha hàbitats que contenen un major nombre d'espècies, pel que se'ls ha de donar una prioritat de gestió conservació. La gestió d'aquests hàbitats haurà de centrar gran part dels esforços, reiterant en la idea que no s'han d'abandonar altres hàbitats que continguin un menor nombre d'espècies, ja que, com s'ha vist, alguns d'aquests hàbitats amb menor biota endèmica contenen espècies exclusives de l'arxipèlag de Cabrera (inclús amb una única localització), pèrdua de les quals seria irreparable.

D'aquesta manera es corrobora, per tant, la classificació biogeogràfica jeràrquica "d'escalas espacials" establerta per Morrone (2008) on la gran àrea de distribució d'endemismes seria l'arxipèlag de Cabrera en el seu conjunt i les àrees més petites serien les coves, balmes i illots, que representen illes ecològiques. Per tant, no és d'estranyar que les coves (Cova des Burri i Cova de sa Llumeta) i les aigües dolces continentals (Font de Can Feliu, dolç de n'Enciola, etc.) enregistren els únics endemismes exclusius de l'arxipèlag.

HÀBITATS

Pel que fa a la classificació de les espècies respecte als seus hàbitats preferents (Taula I) (Fig. 51) amb major presència d'espècies invertebrades, destaquen les zones ocupades per garriga (26), el pinar (25), la franja litoral (23). Per contra, els que menor nombre d'endemismes presenten són les aigües dolces continentals (11) i coves i balmes (6), les zones obertes (8). Les zones obertes, moltes d'elles es corresponen amb antics conreus que han vist minvar la seva biodiversitat que li era pròpia. La presència d'aquestes espècies sol ésser secundària, provocada per l'efecte vorera.



Figura 51. Vista panoràmica des de la punta d'Ensiola. A l'esquerra l'illa de ses Rates i el Coll Roig, enmig el Penyal Blanc i a la dreta els Estells.

Taula I. Presència de les espècies per hàbitats. En negreta espècies exclusives, només conegudes de Cabrera, algunes d'una única localitat

Espècie	Hàbitat					
	Coves i Balmes	Garriga	Pinar	Franja litoral	Zones obertes	Aigües dolces o anquihalines
<i>Spauligodon cabrerae</i>		+	+	+	+	
<i>Oxychilus lentiformis</i>	+	+	+	+		
<i>Xerocrassa homeyeri ponsi</i>		+	+	+		
<i>Xerocrassa newka</i>		+	+	+		
<i>Iberellus companyonii</i>		+	+	+		
<i>Limax majoricensis</i>		+	+	+		
<i>Tudorella ferruginea</i>		+	+	+		
<i>Nemesia brauni</i>		+	+	+		
<i>Harpactea dufouri</i>		+	+	+		
<i>Tegenaria scopifera</i>	+					
<i>Eratigena balearica</i>		+	+	+		
<i>Habnia hauseri</i>		+	+			
<i>Euscorpius balearicus</i>	+	+	+	+		
<i>Chthonius cabriensis</i>		+				
<i>Chthonius ponsi</i>	+					
<i>Scotolemon krausi</i>		+	+			
<i>Dasylobus ferrugineus</i>			+			
<i>Trogulus balearicus</i>		+	+	+		
<i>Tethysbaena scabra</i>						+
<i>Metaciroilana ponsi</i>						+
<i>Typhlocirolana moraguesi</i>						+
<i>Troglocyclopina balearica</i>						+
<i>Speleophriopsis balearicus</i>						+
<i>Ballodillium pilosum</i>	+	+	+	+		
<i>Proasellus coxalis gabriellae</i>						+
<i>Troglolaniropsis lloberai</i>						+
<i>Psammogammarus burri</i>						+
<i>Pseudoniphargus daviui</i>						+
<i>Pseudoniphargus triasi</i>						+
<i>Burrimysis palmeri</i>						+
<i>Ancistocerus ebusianus</i>		+		+	+	
<i>Percus espanyoli</i>	+	+	+	+	+	
<i>Elaphocera capdebouvi</i>		+			+	
<i>Tentyria schaumii</i>			+	+		
<i>Stenosis intricata</i>			+	+		
<i>Asida planipennis cabrerensis</i>		+	+	+		
<i>Dendarus depressus</i>		+	+	+		
<i>Phylan semicostatus</i>		+		+		
<i>Phylan nitidicollis</i>		+	+	+	+	
<i>Crypticus pubens balearicus</i>				+		
<i>Nesotes viridicollis</i>		+		+		
<i>Alphasida depressa</i>		+	+	+	+	
<i>Cryptocephalus majoricensis</i>		+			+	
<i>Brachycerus balearicus</i>		+				
<i>Dendrolimus pini schultzeana</i>			+			
<i>Gonopteryx cleopatra balearica</i>					+	
TOTAL 46	6	26	25	24	8	11

Les coves, balmes i ambients anquihalins podrien anar junts, encara que hem considerat separar els ambients anquihalins i aigües dolces per la seva importància pel que fa a presència d'element endèmic, conformat exclusivament per crustacis, la majoria d'ells exclusius de Cabrera. Les espècies terrestres no compten amb una especial adaptació al medi cavernícola. Només *Chthonius ponsi* té algunes característiques troglòbies.

CONSIDERACIONS EN RELACIÓ A LA CONSERVACIÓ

L'efecte antròpic es fa palès a gairebé tota la Terra, havent molt poques zones on aquest efecte no s'hagi produït. A la conca mediterrània dites zones són pràcticament inexistentes, fet que atorga a Cabrera un valor excepcional. És innegable que la mà de l'home hi ha estat present, i avui dia encara hi ha nombroses manifestacions d'aquesta presència, que tingué com a conseqüència una modificació sistemàtica de la natura: introducció de nombroses espècies que han alterat els cicles propis de l'arxipèlag, destrucció d'hàbitats per conreu o inclús les maniobres militars del segle passat.

No obstant, en comparació amb altres Parcs Nacionals espanyols, Cabrera no ha patit tantes alteracions. Juntament a aquest fet, les reduïdes dimensions i el seu aïllament representen un avantatge i faciliten una gestió impensable en àrees continentals.

Per a que una gestió sigui eficient és imprescindible un coneixement previ de l'objecte d'aquesta. Les etapes prèvies a la gestió de qualsevol espai, hàbitat o espècie es fonamenten en una anàlisi i diagnosi tant del funcionament de l'objecte com la seva situació prèvia a la gestió.

D'aquesta forma, el present treball representa l'anàlisi i el diagnosi de la situació dels endemismes invertebrats de l'arxipèlag. Es tracta d'un document que resulta útil per la gestió i conservació del propi parc.

Destacar, finalment, que la metodologia de treball executada es pot exportar a estudis de temàtiques diferents, altres tipus d'espècies, ja siguin de flora i fauna, ja que el coneixement del factor localització i distribució que implica el reconeixement de les zones més sensibles en biodiversitat, i per tant en conservació. Tot plegat, representa un gran avanç en el coneixement de qualsevol espai i, en particular i com és el cas, d'un espai natural protegit.

Aquests resultats marquen zones d'especial sensibilitat pel que fa la gestió i conservació dels endemismes invertebrats, com puguin ser les cavitats des Burrí, avenc des Frare i cova de Llumeta i dels seus entorns.

Si intentam establir relació amb altres espais insulars, per exemple Menorca amb uns 696,7 km², compta amb unes 119 espècies endèmiques el que suposaria una ratio de 0,17 espècies endèmiques/km². En canvi l'arxipèlag de Cabrera amb uns 13,18 km² i unes 46 espècies endèmiques suposaria una ratio de 3,49 espècies endèmiques/km², una de les taxes més altes del món.

AGRAÏMENTS

Destacar l'ajuda rebuda per part del personal de Parc, especialment per la seva directora Carolina Encinas, amb una voluntat i un implicació que cal agrair, així com les facilitats donades per Catalina Massutí per dur-hi a terme el projecte. Agrair també l'ajuda de Joan i Biel, capatàs i agent de medi ambient, que m'acompanyaren a les diferents expedicions durant l'estància a l'illa.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (Edits.) 1993. Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. Editorial Moll-CSIC-Societat d'Història Natural de les Balears. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma de Mallorca; 778 pàg.
- Aleron, A. 1837. Le tableau des mollusques du Département de Pyrénées . Orientales. Musée de Perpignan.
- Altaba, C.R. 1991. Mol-luscs. In: *Història Natural dels Països Catalans, vol. 8: Invertebrats no artròpodes*. Joandomènec Ros. Ed., 375-416, 427-470. Barcelona.
- Altaba, C.R. 1993. Els caragols i llimacs terrestres (Mollusca: Gastropoda). In: Alcover, J. A. Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (Edits.). Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. Editorial Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 409-426.
- Baldock, D.W. 2014. A provisional list of the wasps and bees of Mallorca, Balearic Islands, Spain (Hymenoptera aculeata: Chrysoidea, Scolioidae, Vespoidea, Apoidea). *Entomofauna. Zeitschrift für Entomologie*, 35 (16): 333-404.
- Baldock, D.W., Livory, A. i Owens, N.W. 2020. The Bees and Wasps of the Balearic Islands. *Entomofauna, Supplement*, 25: 1-202.
- Barrientos, J.A. i Febrer, J.B. 1986. Arañes de Menorca. I. Agelenidae (Araneae). Descripción del macho de *Malthonica balearica* Brignoli, 1978. *Orsis*, 2: 121-129.
- Barrientos, J.A., Ribera, C. i Pons, G.X. 2002. Nuevos datos sobre los Ageléndidos de las islas Baleares (Araneae, Agelenidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 6: 85-90.
- Bedel, L. 1874. Distribution géographique des *Brachycerus*. *Annales de la Société Entomologique de France*, 4: 134-211.
- Bellés, X. 1987. *Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibèrica i les Illes Balears*. Monografies Científiques 4. Consell Superior d'Investigacions Científiques-Editorial Moll, Palma de Mallorca. 207 pàg.
- Bioatles, Govern de les Illes Balears [visor en línia] <http://bioatles.caib.es/serproesfront/VisorServlet>
- Blasco, A. 1984. *Contribución al conocimiento de los Migalomorfos del tercio oriental de la Península Ibérica*. Tesi de Llicenciatura. Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, 274 pàg. Barcelona.
- Breit, J. 1909. Eine koleopterologische sammelreise auf Mallorca. *Verh. der zool-bot Gessellschaft, Wien*, 59: 72-94.
- Brignoli, P.M. 1978. Quelques notes sur les Agelenidae, Hahniidae, Oxyopidae et Pisauridae de France et d'Espagne (Araneae). *Revue suisse Zool.*, 85: 265-294.
- Brignoli, P.M. 1978-79. Sur quelques Dysderidae de France d'Espagne et de Tunisie (Araneae). *Vie et Milieu*, 28-29: 111-116.
- Brignoli, P.M. 1980. Some new or interesting Eastern Mediterranean Dysderidae and Agelenidae (Araneae). *Ann. Zool., Warszawa*, 35: 75-82.
- Bristowe, W.S. 1952. The spiders of Islands. *South-Eastern Naturalist and Antiquary*, 57: 34-43.
- Bubacek, O. 1920. *Gonepteryx cleopatra* (L.) *balearica* Bubacek. *Verh. Zool. Bot. Ges.*, p. 85-86.
- Caccone, A., Allegrucci, G., Cesaroni, D., Cobolli Sbordoni, M., De Matthaes, E. i La Rosa, G. 1986. Genetic variability and divergence between cave dwelling populations of *Typhlocirolana* from Majorca and Sicily. *Bioch. Syst. Ecol.*, 14: 215-221.
- Caporiacco, L. di 1940. Arachniden aus der Provinz Verona (Norditalien). *Folia Zool. Hydrobiol.*, 10: 1-37.
- Caporiacco, L. di 1950. Le specie e sottospecie del genere "Euscorpius" viventi in Italia ed in alcune zone confinanti. *Atti Acad. Naz. Linc.* 8(2): 159-230.
- Castaño-Fernández, C., Zapatero-Ramos, L.M., i Solera-Puertas, M.A. 1988. *Spauligodon cabrerae* n. sp. (Oxyuroidea, Pharyngodonidae) en *Podarcis lilfordi* (Reptilia, Lacertidae) de la isla de Cabrera (Islas Baleares). *Rev. Ibér. Parsitol.*, 48(2):175-182.
- Chemini, C. 1989. Sulla sinonimia *Eudasylobus* Roewer, 1911 = *Dasylobus* Simon, 1879, con designazione di lectotipo per *Dasylobus cavarme* Simon, 1882. *Studi Trent. di Sci. nat.*, 65: 95-121.
- Chueca L.J., Forés M. i Gómez-Moliner B.J. 2017b. Actualización taxonómica y nomenclatural de las especies de *Xerocrassa* (Gastropoda: Geomitridae) endémicas de las islas Baleares. *Iberus*, 35 (2): 159-184.
- Chueca L.J., Gómez-Moliner B.J., Forés M. i Madeira M.J. 2017a. Biogeography and radiation of the land snail genus *Xerocrassa* (Geomitridae) in the Balearic Islands. *Journal of Biogeography*, 44: 760-772.
- Compte, A. 1953. Algunos coleópteros de Palma y sus alrededores. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1:15-20.
- Compte, A. 1967. *La Fauna de Menorca y su origen*. Ateneo de Mahón. 212 pp.
- Cruz, A. 1989. Isòpodos terrestres de Menorca (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). *Endins*, 14-15: 89-93.
- Cuello, J. 1980. Els Rhopalocera de les Illes Balears. *Treb. Soc. Cat. Lep.*, 3: 51-60.
- Cuello, J. 1993. Lepidòpters. In: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. CSIC-Editorial Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 117-129.
- Cuerda, J. 1993. Nota sobre el Quaternari. In: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. CSIC_ Editorial Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 117-129.
- Español, F. 1940. Contribución al conocimiento de los coleópteros de Ibiza y Formentera y un nuevo *Heliophilus* ibérico (Col. Tenebrionidae). *Las Ciencias*, 1: 1-16.
- Español, F. 1947. Revisión del género *Micrositus* (Col. Tenebrionidae). *Trab. Museo C.N. de Barcelona*, 1(1): 1-60.
- Español, F. 1950. Los *Crypticus* s. str. de la península Ibérica y del norte de África (Col. Tenebrionidae). *Eos*, 26: 115-156.
- Español, F. 1951. Tenebriónidos de la Pitiusas (Balears occidentales). *Eos*, 1: 7-41.
- Español, F. 1954. Los tenebriónidos (Col.) de Baleares. *Trabajos del Museo de Ciencias naturales de Barcelona (N.S. Zool.)*, 1(5): 1-93.

- Español, F. 1958. Avance al estudio de los *Stenosis ibéricos*. (Col., Tenebrionidae). *Eos*, 34(1): 33-54.
- Español, F. 1972. Los coleópteros del Archipiélago de Cabrera (Islas Baleares). *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 21: 97-99.
- Español, F. 1984. Tenebrionidae of the Pityusic Islands (Coleoptera: Heteromera). In: Kubier, H., Alcover, J.A. i Guerau d'Arellano (eds.) *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands*. Dr. W. Junk Publ. La Haia.
- Esu, D. 1978. La malacofauna continentale Pleistocenica della formazioni fluvio-lacustre di Nuraghe su Casteddu (Sardegna Orientale) e sue implicazioni paleogeografiche. *Geol. Romana*, 17: 1-33.
- Febrer, J.B. 1979. *Invertebrats artròpodes (II)*. Enciclopèdia de Menorca, Volum III, 155-175. Maó.
- Forés, M. i Vilella, M. 1993. Una nueva especie de *Iberellus*. Hesse, 1908 (Pulmonata: Helicidae) en la isla de Eivissa. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 36:17-30.
- Forés, M. 2015. *Hàbitat y conquiología del género Xerocrassa Monterosato 1892 (Gastropoda: Pulmonata: Hygromiidae) de Mallorca, Menorca, Cabrera y sa Dragonera*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 21: 135 pp.
- Fornós, J.J., Pretus, J.L. i Trias, M. 1989. La Cova de sa Gleda (Manacor), aspectes geològics i biològics. *Endins*, 14-15: 53-59.
- Gantenbein, B., Soleglad, M.E. i Fet, V. 2001. *Euscorpius balearicus* Caporiacco, 1950, stat. nov. (Scorpiones: Euscorpiidae): molecular (allozymes and mtDNA) and morphological evidence for an endemic Balearic Islands species. *Org. Divers. Evol.*, 1: 301-320.
- García, Ll. i Cruz, A. 1993. Els isòpodes terrestres. In: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. Editorial Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 323-332.
- Gasull, L. 1963. Algunos moluscos terrestres y de agua dulce de Baleares. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 11: 7-161.
- Gasull, L. 1964. Las *Helicella (Xeroplexa)* de Baleares Gastropoda Pulmonata. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 10: 3-67.
- Gasull, L. i Alcover, J.A. 1982. La Cova de ca Na Reia: desconcertant estació malacològica del Pleistocè de les Pitiüses. *Endins*, 9: 41-44.
- Gasull, L. i van Regteren Altena, C.O. 1970. Pulmonados desnudos de la Baleares (Mollusca, Gastropoda). *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 15: 121-134.
- Giordani-Soika, A. 1963. Les vespidiens et le peuplement des îles Méditerranéennes. *Rapp. Com. int. Mer Médit.*, 17: 659.
- GOB 1990. L'arxipèlag de Cabrera, un Parc Nacional en Litigi. Editorial Moll: Palma de Mallorca; 181 pàg.
- Gourbault, N. i Lescher-Moutoué, F. 1979. Faune des eaux souterraines de Majorque. *Endins*, 5-6: 43-54.
- Gracia, F., Clamor, B., Gamundí, P., Cirer, A., Fernández, J.F., Fornós, J.J., Ginés, A., Ginés, J., Uriz, M.J., Munar, S., Vicenç, D., Ginard, A., Betton, N., Vives, M.A., Jaume, D., Mas, G., Perelló, M.À., Cardona, F. i Timar-Gabor, A. 2014. Es Dolç (Colònia de Sant Jordi, ses Salines, Mallorca). Cavidad litoral amb influències hipogèniques excavada a les eolianites quaternàries i als materials del Pliocè. *Endins*, 36: 69-96.
- Harm, M. 1966. Die deutschen Hahniidae (Arach. Araneae). *Senck. Biol.*, 47: 345-370.
- Heynemann, F.D. 1863. Einige Mittheilungen über Schneckenrungen mit besonderer Beachtung der Gattung *Limax*. *Malak. Blätter*, 10: 200-216.
- Hidalgo, J.G. 1878. Catalogue des Mollusques terrestres des lies Baleares. *Journal de Conchyliologie*, 26: 213-247.
- Hohmann, H. 1978. Zur Bionomie der Mörtelbiene *Chalicodoma sicula* (Rossi) (Hym. Megach.) auf Ibiza: Nestbau und Proviantierung. *Veröff. Übersse-Mus. Bremen*, A5:123-179.
- Hohmann, H. 1984. Bees and wasps on Eivissa: faunistic notes on Hymenoptera Aculeata. In: Kubier, H., Alcover, J.A. i Guerau d'Arellano, C. (Eds.). *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands*, 303-341. La Haia.
- Holthuis, L.B. 1973. Caribbean shrimps found in land-locked saltwater pools at four Indo-West Pacific localities (Sinai Peninsula, Funafuti Atoll, Maui and Hawaii Islands), with the description of one new genus and four new species. *Zoologische Verhandlungen*, 128: 1-48.
- Hornero, M.J. 1991. Helminthofauna de los lacértidos endémicos de las islas Baleares (Mediterráneo occidental). Tesi doctoral, Univ. València. 277 pàg.
- Humphries, C. J. 1995. Measuring biodiversity value for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26: 93-111.
- Jaeckel, S. 1952. Die Mollusken der Spanischen Mittelmeer-Inseln. *Mitt. Zool Mus. Berlin*, 28: 53-153.
- Jaume, D. 1991. Two new species of the amphipod genus *Pseudoniphargus* (Crustacea) from Cabrera (Balearic Islands). *Stylogia*, 6: 177-189.
- Jaume, D. 1993. Fauna carcinològica de les aigües continentals. A: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. Història de l'arxipèlag de Cabrera. 1ª edició. Editorial Moll: Palma de Mallorca; 309-321.
- Jaume, D. 1995. Presence of troglolbitized Janiridae (Isopoda: Asellota: Janiroidea) in anchihaline caves of the Balearic Islands (Mediterranean); description of *Trogloianiropsis lloberai* n. gen., n. sp. *Contributions to Zoology*, 65(3): 177-187.
- Jaume, D. i Boxshall, G.A. 1996a. Two new genera of cyclopinid copepods (Crustacea) from anchihaline caves on western Mediterranean and eastern Atlantic islands. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 117: 283-304.
- Jaume, D. i Boxshall, G.A. 1996b. A new genus and two new species of cave-dwelling misophrioid copepods from the Balearic Islands (Mediterranean). *Journal of Natural History*, 30: 989-1006.
- Jaume, D. i Garcia, Ll. 1992. A new *Metacirolana* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) from an anchialine cave lake on Cabrera (Balearic Islands). *Stylogia*, 7: 179-186.
- Jeanne, C. i Zaballos, J.P. 1986. *Catalogue des coléoptères carabiques de la péninsule ibérique*. Suplement au Bulletin de la

- Société Linnéenne de Bordeaux. 200 pp.
- Jolivet, P. 1953. Les chrysomeloidea (Coleoptera) des Iles Baleares. *Inst. Royal Sci. Nat. Belgique*, 50:1-88.
- Jordà, J. 1922. Contribució al coneixement dels coleòpters de les Balears. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 7:128-132.
- Kobelt, W. 1882. Ein neuer *Iberus*. Diagnoser neuer arten. *Nach. Bl. d. Deutsch. Malak. Cesell.*, 14:69-70, 121-123.
- Koch, L. 1882. Zoologische Ergebnisse von Excursionen auf den Balearen. II. Arachniden und Myriapoden. *Verh. zool.-bot. Ges. Wien*, 31: 625-678.
- Kraatz, G. 1865. Revision der Tenebrioniden der alten Welt aus Lacordaire's Gruppen der Erodiides, Tentyriides, Akisides, Pimeliides, und der europäischen Zophosis-Arten. Berlin, Nicolaische Verlagsbuchhandlung. 393 pp.
- Kraus, O. 1961. Die Weberknechte der Iberische Halbinsel (Arach. Opiliones). *Senck. Biol.*, 42 (4): 331-363.
- Lagar, A. 1965. Revisión de las especies íbero-baleares del género *Percus* Bonelli (Coleoptera, Pterostichidae). *Misc. Zool.*, 2(1):79-88.
- Lamarck, J.B. 1822. *Histoire Naturelle des animaux sans vertèbres*. Tom VI, segona part. Paris. 252 pp.
- Manhart, V. 1993. Els pseudoescorpins (Arachnida: Pseudoscorpiones). In: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll-CSIC, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 355-360.
- Margalef, R. 1950. Algunos crustáceos interesantes de las aguas dulces y salobres de España. *P. Inst. Biol. Apl.*, 7:131-153.
- May, R. M. 1999. The dimensions of life on Earth, In: *Nature and Human Society*. National Academy of Sciences Press, Washington D.C. 30-45.
- Mayol, J. 2008. El último siglo en la historia de Cabrera. La sombra de la especulación, la protección ilusionada. In: Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Ed.), Cabrera, los tesoros de la isla. Promomallorca Edicions: Palma de Mallorca; 69-75.
- Mayol, J. 2009. Fauna endèmica: evidència d'evolució. Editorial Perifèrics: Palma de Mallorca; 93 pàg.
- McMinn, M. i Rodríguez, A. 2000. Islas, ratas y aves: historias de éxitos y fracasos. In: Álvarez, C. (edit.). *Seminari sobre espècies introduïdes i invasores a les Illes Balears*. Govern de les Illes Balears. 115-126.
- Menacho, M. 1911. El ojo del "Gammarus Cœcus" de la caverna "Dels Hams" en la isla de Mallorca. *Archivos de Oftalmología Hispano-Americanos*, 11 (12): 1-9.
- Mendoza-Fernández, A. J., Pérez-García, F. J., Martínez-Hernández, F., Salmerón-Sánchez, E., Medina-Cazorla, J. M., Garrido-Becerra, J. A. i Mota, J. F. 2015. Areas of endemism and threatened flora in a Mediterranean hotspot: Southern Spain. *Journal for Nature Conservation*, 23: 35-44.
- Mittre, M.H. 1842. Description de quatre coquilles nouvelles. *Annals. Scienc. Nat.*, 18: 188-191.
- Moragues, F. 1886. Descripciones de moluscos de Mallorca. *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 15:233-235.
- Moragues, F. 1889. Coleòpters de Mallorca. *Ann. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 18: 11-33.
- Moreno, J. i Pino, J. 2004. El Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipièlag de Cabrera. Guia de visita. Editorial Moll: Palma de Mallorca; 104 pàg.
- Morrone J.J. 2008. Endemism. *Encyclopedia of Ecology*, 1254-1259.
- Mulsant, E. i Rey, C. 1854. Essai d'une division des derniers Mélasomes. *Mémoires de l'Académie Imperial de Lyon*, 4:153-332.
- Orghidan, T., Dumitresco, M. i Georgesco, M. 1975. Mission biospéologique "Constantin Dragan" à Majorque (1970-1971). Première note: Arachnides (Araneae et Pseudoscorpionidea). *Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza"*, 14: 9-33.
- Palmer, M. 1994. *Aspectes biogeogràfics dels Tenebrionidae de les Illes Balears*. Tesi Doctoral. Univ. Illes Balears. 261 pp.
- Palmer, M. i Petitpierre, E. 1993. Els coleòpters de Cabrera: Llista faunística i perspectives d'estudi. A: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC- Editorial Moll- Societat d'Història Natural de les Balears. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 383-406.
- Palmer, M. i Pons, G.X. 1996. Diversity in Western Mediterranean islets: effects of rats presence on a beetle guild. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*. 17(4): 297-305.
- Palmer, M. i Pons, G.X. 2001. Predicting rat presence on small islands. *Ecography*, 24(2): 121-126.
- Pardo-Alcaide, A. 1944. Analectas entomológicas. IV. Los *Brachycerus* hispano-marroquíes. *Graellsia*, 2:63-70.
- Pastor Sureda, B. 2008. La colonia agrícola Villa Cristina. A: Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Ed.), Cabrera, los tesoros de la isla. 1ª edició. Promomallorca Edicions: Palma; 61-67.
- Paul, C.R.C. 1984. Pleistocene non-marine molluscs from Cova de Ca Na Reia, Eivissa. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 28: 95-114.
- Perceval, M.J. 1977. More Butterflies in Majorca. *Bull. A. Ent. Soc.*, 26:95.
- Pérez-Arcas, L. 1872. Especies nuevas o críticas de la fauna española. *Anales de la Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1:89-137.
- Pons, G.X. 1991. *Llista vermella de la fauna cavernícola de les Balears*. Doc. Tèc. Cons., 10 Conselleria d'Agricultura i Pesca. 150 pàg. Palma de Mallorca.
- Pons, G.X. 1993. Estudi preliminar sobre la fauna d'aranèids (Arachnida, Araneae). A: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*. 1ª edició. Editorial Moll: Palma de Mallorca; 333-349.
- Pons, G.X. 2000a. El medio físico y biológico del Parque Nacional del Archipièlag de Cabrera. In: Pons, G.X. *Las aves Las aves del Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipièlag de Cabrera (Islas Baleares, España)*. Ministerio de Medio Ambiente: Palma de Mallorca; 304 pàg.
- Pons, G.X. (Edit.) 2000b. *Las aves del Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipièlag de Cabrera (Islas Baleares, España)*. Ministerio de Medio Ambiente: Palma de Mallorca; 304 pàg.

- Pons, G.X. 2001. Noves dades biogeogràfiques i taxonòmiques sobre els escorpins (Arachnida; Scorpiones: Euscorpiidae) de les Illes Balears. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 44: 103-109.
- Pons, G.X. 2008. *Trogulus balearicus* Schonhofer i Martens. Bioatles. GIB
- Pons, G.X. 2009. Els invertebrats terrestres en la història natural de Menorca: reptes de futur. A: Vidal, J.M. i Comas, E. (coord). Jornades sobre els 15 anys de la reserva de la biosfera de Menorca. Col·lecció Recerca, 17. Institut Menorquí d'Estudis. 151-161.
- Pons, G.X. 2015. Els invertebrats endèmics de les Illes Balears: actualització del seu catàleg i apunts per a la seva conservació. In: Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 20: 181-206.
- Pons, G.X. i Damians, J. 1992. Fauna malacològica d'algunes cavitats de l'illa de Mallorca. *Endins*, 17-18: 67-72.
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1990. Valoració faunística. In: Barceló, B. (Ed.) *Pla d'ordenació dels recursos naturals del sector nord de la Serra de Tramuntana*: 130-158, inèdit.
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1992. *Malthonica* Simon, 1898 (Araneae, Agelenidae): Un género endémico del Mediterráneo. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 33: 161.
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1996. Fauna endèmica de les illes Balears. 1ª edició. Institut d'Estudis Balearics: Palma de Mallorca; 307 pàg.
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1999. Invertebrats endèmics (Tenebrionidae i Araneae) i illes: introduccions i extincions als illots de Cabrera (Illes Balears). In: Ecologia de les Illes. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 6: 105-122. Palma.
- Pons, G.X. i Rambla, M. 1993. Dos ordres d'aràcnids (Arachnida; Opiliones i Escorpiones). In: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. CSIC- Editorial Moll- Societat d'Història Natural de les Balears. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears; 2: 351-355.
- Pretus, J.L. 1986. *Typhlocirolana margalefi* nov. sp. y *Typhlocirolana moraguesi aureae* n. ssp. Dos nuevos isópodos cirolánidos limnotroglobios del Levante ibérico y Balears. *Oecologia aquatica*, 8: 95-105.
- Pretus, J.L. 1988. A new stygobiont amphipod, *Pseudoniphargus mercadali* n. sp., from the island of Minorca (Balearic Archipelago). *Stylogogia*, 4: 229-241.
- Pretus, J.L. 1989. Noves dades per a la distribució de l'estigofauna Balear. *Endins*, 14-15:61-64.
- Pretus, J.L. 1991. *Estudio taxonómico, biogeográfico y ecológico de los crustáceos epigeos e hipogeos de las Baleares (Brachiopoda, Copepoda, Mystacocarida y Malacostraca)*. Tesis doctoral. 513 pàg. Barcelona.
- Pretus, J.L. i Stock, J. H. 1990. A new hyporheic *Bogidiella* (Crustacea, Amphipoda) from Mallorca. *Endins*, 16: 47-51.
- Pujiula, J. 1911. Un nuevo Crustáceo (Isópodo). *Soc. Arag. Cien. Nat.*, 10: 180-183.
- Racovitza, E.G. 1905. *Typhlocirolana moraguesi* n. g. n. sp. isopode aquatique cavernicole des grottes du Drach (Balears). *Bull. Soc. Zool. de France*, 30: 72-80.
- Racovitza, E.G. 1912. Cirolanides (Première Serie). Biospeologica XXVII. *Arch. Zool. Exp. Et Gén.* V Serie; 10(5): 226-272.
- Rambla, M. 1972. Opiliones (Arachnida) de las Baleares. *Rapp. Comm. int. Mer Médit., Monaco*, 21: 89-92.
- Rambla, M. 1977. Un nuevo *Scotolemon* cavernícola de la isla de Mallorca, (Arachnida, Opiliones, Phalangodidae). *Speleon*, 23: 7-13.
- Rebel, H. 1934. Lepidopteren von der Balearen und Pityusen. *Dt. Ent. Z. Iris*, 48:122.
- Reitter, E. 1886. Revision der mit Stenosis verwandten Coleopteren der alten Welt. *Deutsche Entom. Zeitschrift*, 30:7-144.
- Reitter, E. 1915. Eine serie neuer coleopteren aus familie der Tenebrionidae der palaarktischen fauna. *Wiener entomologische zeitung*, 34: 83-93.
- Riba, O. 1980. Geografia física dels Països Catalans. 6ª edició. Ketres editorial: Barcelona; 62-64.
- Ribera, C. 1986. *Els aranèids: aranyes*. In: Armengol, J. (coord.) "Artròpodes I". Història Natural dels Països Catalans - Enciclopèdia Catalana, 9: 138-167.
- Richardson, I. B. K. 1978. Endemic taxa and the taxonomist. A: H. E. Street (Ed.). Essays in plant taxonomy. Academic Press: Londres i Nova York; 245-262.
- Roca, V. 1993. Helminthofauna dels rèptils. A: Alcover, J.A., Fornós, J.J. i Ballesteros, E. (edit.). Història natural de l'arxipèlag de Cabrera. Editorial Moll. Mon Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 273-288.
- Roewer, C.F. 1911. Überischt de Genera der Phalangiini der Opiliones Palpatores. *Arch. Naturg.*, 77:1-106.
- Sanza, F. 1997. *Revisión de los euménidos de la Península Ibérica (Hymenoptera, Eumenidae)*. Universidad de Salamanca (unpublished doctor's thesis). Salamanca VII: 541 pp.
- Schauffuss, L.W. 1869. *Coleopteren-fauna der Balearen*. Praga. 31 pp.
- Schönhofer, A. L. i Martens, J. 2008. Revision of the genus *Trogulus* Latreille: the *Trogulus coriziformis* species-group of the western Mediterranean (Opiliones: Trogulidae). *Invertebrate Systematics*, 22(5), 523-554.
- Simón, E. 1914. *Les Arachnides de France*. Vol. 6 (part 1). Ed. Roret, 1-308. Paris.
- Solier, M. 1836. Essai sur les Collaptèrides - Asidites. *Ann. Soc. Ent. France*.
- Stock, J.H. 1978. A remarkably variable phreatic amphipod from Mallorca, *Rhipidogammarus variicauda* n. sp. *Bijdr. Dierk.*, 48: 89-95.
- Tenenbaum, S. 1915. *Fauna koleopterologiczna wysp balearskich*. Skland Główny w Ksiegarni Gebethnera i Wolffa. Warszawa. 150 pp.
- Thorell, T. 1876. Sopra alcuni opilioni (Phalangidea) d'Europa e dell'Asia occidentali, con cuadro dei generi europei di quest'ordine. *Ann. Mus. Civ. Stor. Natur. Genova*, 8: 452-505.

- Torres, N. i Alcover, J.A. 1981. Presència de *Tudorella ferruginea* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Pomatiasidae) a l'illa d'Eivissa. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 25: 185-188.
- Tosco, R.B. 2007. La flora endèmica del archipiélago de Madeira [en línia]. Rincones del Atlántico. http://www.rinconesdelatlantico.com/num4/24_flora_madeira.html
- Vandel, A. 1961. Faune cavernicole et endogée de Pile de Minorque. Mission H. Coiffait et P. Strinati (1958). Les Isopodes terrestres de l'île de Minorque. *Biospeologica* LXXX. *Arch. Zool. exp. et gén.*, 99(3): 249-265.
- Viñolas, A. i Cartagena, M.C. 2005. *Fauna de Tenebrionidae de la Península Ibérica i Balears*. Vol. I. Lagriinae y Pimeliinae. Argania. Barcelona. 428 pp.
- Vives, E., 1998. Notas sobre
- Wagner, H.P. 1994. *A monographic review of the Thermosbaenacea (Crustacea: Peracarida)*. Zool. Verh. 291. Leiden.

LA SARGANTANA BALEAR: UN EXPERIMENT EVOLUTIU

Ana Pérez-Cembranos

Valentín Pérez-Mellado

Departamento de Biología Animal, Universidad de Salamanca

anapercem@usal.es

Bàrbara Terrasa

Iris Alemany

Marta Bassitta

Cori Ramon

Laboratori de Genètica, Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears

Pérez-Cembranos, A., Pérez-Mellado, V., Terrasa, B., Alemany, I., Bassitta, M. i Ramon, C. (2020). La sargantana Balear: un experiment evolutiu. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Des del primer terç de segle XX, la sargantana balear, *Podarcis lilfordi*, de l'arxipèlag de Cabrera ha estat objecte d'estudi continuat. Especialment, s'ha investigat la seva variabilitat morfològica i la microevolució que ha donat lloc a un dels més notables cercles de races de l'espècie, amb deu subespècies descrites.

En aquest capítol revisam els treballs publicats sobre la sargantana balear de Cabrera des de 1993, l'estatus actual de les subespècies acceptades a dia d'avui, la seva validesa i les característiques morfològiques, de coloració i de disseny. Així mateix, s'analitza la concordança o discordança entre les subespècies descrites i els llinatges filogenètics establerts per mitjà de l'estudi genètic de totes les poblacions de l'arxipèlag.

Aportam també dades inèdites sobre la densitat de sargantanes a les poblacions actuals, així com sobre les característiques ecològiques i la història natural. Es descriu en detall la dieta de *Podarcis lilfordi*, la intensitat del consum d'elements vegetals, els casos de canibalisme observats i la relació entre la dieta vegetal i animal. Presentam també dades no publicades sobre la càrrega parasitària sanguínia, i assenyalam l'elevada prevalença i les seves possibles causes. Finalment, aportam informació sobre els depredadors de la sargantana a Cabrera i sobre l'actual estat de conservació.

Paraules clau: *Evolució, sargantana, Illes Balears, arxipèlag de Cabrera, Podarcis lilfordi, Lacertidae*

ABSTRACT

Since the first third of the twentieth century, the Balearic lizard, *Podarcis lilfordi*, of the Cabrera archipelago has been the object of a continuous study. Especially, its morphological variability and microevolution has been investigated, which has given rise to one of the most notable *rassenkreis* of this species, with ten subspecies described.

In this chapter, we review the published works on the Balearic lizard of Cabrera since 1993, the current status of present day accepted subspecies, their validity and their morphological characteristics, coloration and design. Likewise, we analyzed the concordance or discordance between these subspecies and the established phylogenetic lineages through the genetic study of every known populations.

We provide unpublished data on lizard densities in all populations, as well as on their ecological characteristics and natural history traits. The diet of *P. lilfordi*, the intensity of the consumption of plant elements, the cases of cannibalism and the relationship between the vegetable and animal fractions of the diet are described in detail. We also present unpublished data on the blood parasite load, noting the high prevalence and its possible causes. Finally, we provide information about the predators of the Balearic lizard in Cabrera and about its conservation status.

Keywords: *Evolution, lizard, Cabrera archipelago, Balearic Islands, Podarcis lilfordi, Lacertidae*

INTRODUCCIÓ

Les sargantanes balears, *Podarcis lilfordi* (Günther, 1874), de l'arxipèlag de Cabrera han estat objecte de l'atenció dels herpetòlegs des de començaments de segle XX, moment en que es van descriure les primeres subespècies (Müller, 1927, veure un resum històric a Pérez-Mellado *et al.* 2008). Des de llavors, el seu coneixement va avançar especialment en el camp de la sistemàtica i taxonomia, gràcies als treballs duts a terme en la dècada dels 70 del passat segle per part d'Alfredo Salvador (Salvador, 1979, 1980) que, a més, va aportar les primeres informacions sobre l'ecologia de *P. lilfordi* de diverses poblacions de Cabrera (Salvador, 1976, 1986, 1993). També va aportar interessants observacions sobre la interacció de *P. lilfordi* i el Falcó d'Eleonor, *Falco eleonorae*, en alguns dels illots de sud de l'arxipèlag (Salvador, 1979b). Fins i tot en aquests treballs, es van abordar qüestions relacionades amb les adaptacions morfològiques de les poblacions i la relació de determinats trets biomètrics amb els hàbitats ocupats per la sargantana balear (Salvador, 1980). Totes aquestes troballes apareixen resumides en la monografia precedent de l'actual (Salvador, 1993). En l'última dècada del segle XX van aparèixer també alguns treballs en els quals s'estudiaven aspectes concrets de la història natural, com són els patrons de reproducció (Castilla i Bauwens, 2000), la variabilitat de coloració a Cabrera gran (Bauwens i Castilla, 1998) o la capacitat de les sargantanes de Cabrera com dispersors de llavors (Castilla, 1999, 2000, 2009; Traveset, 1995, 1997a y b, 1998; Pérez-Mellado i Traveset, 1999; Sáez i Traveset, 1995) i inclús el paper com a pol·linitzadores de plantes vasculares (Traveset i Sáez, 1997).

Els aspectes demogràfics de les sargantanes de l'arxipèlag han estat objecte d'una menor atenció, de manera que només existeixen algunes dades sobre la densitat de població en un estudi inèdit (Sáez, 1993), un altre en el qual s'aborda aquest aspecte en l'àmbit complet de l'àrea de distribució de *P. lilfordi*, amb dades de densitat de gairebé totes les poblacions de Parc Nacional (Pérez-Mellado *et al.* 2008) i dades disperses en altres treballs (UVS, 1984; Salvador, 1986; Martínez-Rica i Castilla, 1987).

Ramon *et al.* (1986) varen aportar les primeres dades genètiques, basades en anàlisis electroforètiques d'enzims, de les poblacions de l'illa Pobra, sa Conillera, Cabrera gran, illa de ses Rates i Estell de s'Esclata-sang, assenyalant la seva proximitat genètica. Petitpierre *et al.* (1987) van descriure elevats nivells de heterozigosis en aquestes mateixes poblacions, i apunten que les distàncies genètiques dins les poblacions i amb les d'altres zones de les Balears com Menorca eren més grans que les observades fins llavors en altres espècies mediterrànies del gènere *Podarcis*. En anys posteriors diferents estudis inclouen dades sobre la genètica de les sargantanes de Cabrera (Brown *et al.*, 2008, Terrasa *et al.*, 2009 a i b).

En aquest capítol presentam de manera resumida la informació, tant publicada com inèdita, apareguda en posterioritat a la monografia de 1993. Es presenten dades inèdites i publicades de l'evolució i filogènia de les sargantanes de Cabrera, les seves implicacions sistemàtiques, càrrega parasitària, ecologia tròfica i estratègies d'obtenció de l'aliment, densitats de població actualitzades i la seva relació amb les característiques ecològiques d'aquestes poblacions, pressió de depredació, estructura de les poblacions en edats i sexes, grau de dimorfisme sexual i la relació amb trets demogràfics com la densitat.

ORIGEN I EVOLUCIÓ DE LES SARGANTANES DE CABRERA

Les primeres dades basades amb la metodologia ADN mitocondrial sobre l'origen evolutiu de la sargantana balear, amb especial èmfasi a l'arxipèlag de Cabrera, pertanyen a la primera dècada de segle XXI. Aquests resultats posen de manifest que *Podarcis lilfordi* és un grup monofilètic i que es va separar de la seva espècie germana, la sargantana de les Pitiüses, *Podarcis pityusensis*, fa 5,3 milions d'anys, període que coincideix amb la fi de la crisi Messiniana (Brown *et al.* 2008; Terrasa *et al.* 2009a). Aquesta separació està prou confirmada a partir de les dades moleculars de

la quasi totalitat de poblacions conegudes de sargantanes balears (Terrasa *et al.* 2004; Terrasa *et al.* 2009a i b). Els estudis moleculars també han permès conèixer l'estructura genètica i les relacions filogenètiques entre les poblacions de *P. lilfordi*. S'han definit quatre grans grups (Brown *et al.* 2008; Terrasa *et al.* 2009a i b; Fig. 1):

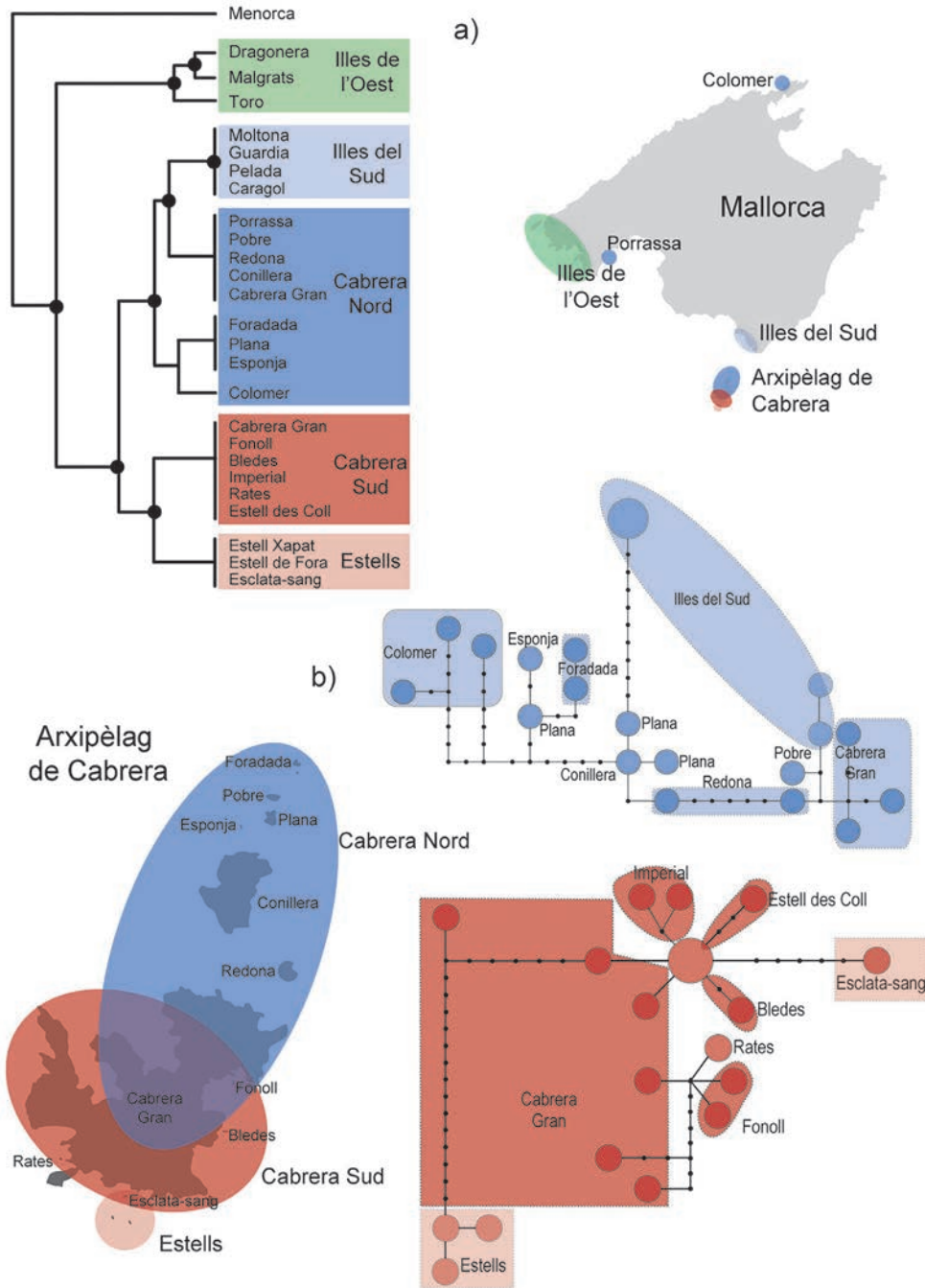


Figura 1. Relacions filogeogràfiques de la sargantana balear, *Podarcis lilfordi*, a) Arbre filogenètic i la correspondència amb l'àrea geogràfica que ocupa. b) Xarxa haplotípica de les poblacions de l'arxipèlag de Cabrera. Cada cercle es correspon en un haplotip diferent i la mida del cercle és proporcional al nombre d'individus que el comparteixen.

- » **CLADE 1 - Menorca**, que inclou totes les poblacions dels illots de Menorca.
- » **CLADE 2 - Mallorca oest**, que inclou les poblacions que actualment sobreviuen a l'oest de Mallorca: sa Dragonera, illes Malgrats i illa del Toro.
- » **CLADE 3 - Cabrera nord**, que inclou les poblacions dels illots de nord de l'arxipèlag de Cabrera, les del sud de Mallorca i les de l'illot de es Colomer, al nord de Mallorca.
- » **CLADE 4 - Cabrera sud**, que inclou les poblacions de Cabrera Gran, les dels illots que l'envolten i els Estells, al sud de Cabrera.

L'estructura genètica de les sargantanes de l'arxipèlag de Cabrera és notablement complexa. Com s'ha comentat, dos dels quatre grups filogenètics de *P. lilfordi* es troben simpàtricament a l'arxipèlag.

El **CLADE 3** inclou les poblacions dels illots de nord: na Foradada, illa Pobra, na Plana, sa Conillera, na Redona. En aquest grup també estan incloses les poblacions de sud de Mallorca: na Guàrdia, na Moltona, na Pelada, s'illot den Curt i s'illot de sa Porrassa (badia de Palma). Aquesta agrupació ens indica que probablement Cabrera va poder actuar en un determinat període de la seva història evolutiva com a refugi de la sargantana balear, suposadament durant els períodes glacials, en moments de desfavorables condicions ambientals. Així, a partir de Cabrera, és plausible que es produís la recolonització de Mallorca. Les poblacions actuals de l'illot de sa Porrassa (badia de Palma), possiblement tenen el seu origen per introduccions holocèniques molt recents, a partir de poblacions de l'arxipèlag de Cabrera (Terrasa *et al.*, 2009a).

El **CLADE 4** està format per haplotips de la població de Cabrera Gran, de les poblacions dels illots que l'envolten (illa de ses Rates, illa des Fonoll, illot de ses Bledes i l'Imperial) i de les poblacions dels Estells, illots de sud de l'arxipèlag (Estell de s'Esclata-sang, Estell Xapat i Estell de Fora) tots ells d'escarpada orografia, amb accés difícil i separats de la costa per un canal de més de 50 metres de profunditat (Terrasa *et al.* 2009).

Durant el Plistocè, es van produir nombrosos canvis en el nivell de la mar que, probablement, van produir la inundació d'alguns illots costaners i, per tant, l'extinció de les seves poblacions de sargantanes. Cabrera Gran actuaria llavors com a refugi de la sargantana balear, que recolonitzaria aquests illots en períodes posteriors (Terrasa *et al.* 2009a). Tot i que durant l'última glaciació, la del Würm, el nivell de la mar va créixer més de 100 metres i Cabrera va estar en contacte amb Mallorca, aparentment aquest contacte no va produir una alta introgressió genètica i les poblacions de Cabrera van romandre aïllades de les poblacions mallorquines (Terrasa *et al.* 2009a). A Cabrera Gran podem trobar haplotips que pertanyen a dos grups filogenètics, la qual cosa pot suggerir l'existència d'eventuals processos de colonització, extinció i recolonització d'aquests illots costaners a partir de Cabrera Gran (Fig. 1).

La datació del rellotge molecular ha permès determinar una estima del moment de la separació filogenètica de cada un dels quatre grups. A finals del Pliocè, fa uns 2,6 milions d'anys, el grup de Menorca (CLADE 1) se separa dels llinatges de Mallorca i Cabrera. Poc després, aproximadament fa 2,0 milions d'anys, es diferencia el CLADE 2 de Mallorca (sa Dragonera, illes Malgrats i el Toro). Aquest període coincideix amb la fi de la glaciació del Donau, moment en el qual el nivell de la mar augmenta i provoca l'aïllament d'aquestes poblacions de la resta. Durant el Plistocè, fa 1,2 milions d'anys, es van separar els dos grups presents a l'arxipèlag de Cabrera.

ESTATUS SISTEMÀTIC DE LES SARGANTANES DE CABRERA

Müller (1927), defineix les primeres quatre subespècies de l'arxipèlag, però cal esperar diverses dècades, fins que els treballs de Salvador (1979, 1980) descriuen la resta de les subespècies avui dia acceptades i també estableix les característiques diagnòstiques, de morfometria, coloració i disseny.

Martínez-Rica i Castilla (1987) fan també menció expressa de les subespècies de sargantana balear de Cabrera, amb una crítica sobre la validesa de les subespècies descrites o acceptades en els treballs de Salvador (1980). No obstant això, aquesta crítica no té fonament científic, ja que no s'aporten noves informacions, ni una nova anàlisi de les dades aportades per Salvador en aquests treballs sistemàtics.

Els primers treballs moleculars ja suggerien que les subespècies de la sargantana balear avui dia acceptades no es corresponien amb els grups monofilètics trobats a l'arxipèlag (Terrasa *et al.*, 2004). Encara que actualment s'accepten deu subespècies de *P. lilfordi* a Cabrera (Salvador, 1986, 1993, Pérez-Mellado, 1998, 2006 i 2009). Salvador (1979 i 1980) ens brinda descripcions detallades de la coloració i disseny de les subespècies de *P. lilfordi* presents a Cabrera. La distribució actual és com segueix (Fig. 1):

Podarcis lilfordi kuligae (Müller, 1927). Cabrera Gran, Illa des Fonoll, Illot de n'Olló i Illa de ses Rates.

Podarcis lilfordi nigerrima (Salvador, 1979). Illot de ses Bledes.

Podarcis lilfordi imperialensis (Salvador, 1979). L'Imperial.

Podarcis lilfordi xapaticola (Salvador, 1979). Estell Xapat (= Estell d'en Terra), és Carabassot, Estell de s'Esclata-sang.

Podarcis lilfordi estelicola (Salvador, 1979). Estell de Fora, Estell des Coll.

Podarcis lilfordi conejeræ (Müller, 1927). Sa Conillera i na Redona.

Podarcis lilfordi espongicola (Salvador, 1979). Illa de l'Esponja.

Podarcis lilfordi plana (Müller, 1927). Na Plana.

Podarcis lilfordi pobrae (Salvador, 1979). Illa Pobra.

Podarcis lilfordi fabrae (Müller, 1927). Na Foradada.

Les subespècies han estat tradicionalment definides en base a característiques morfològiques que no sempre reflecteixen l'estructura filogenètica subjacent (Haig *et al.*, 2006). De fet, hi ha nombroses indicacions de que les agrupacions subespecífiques poden no ser concordants amb els patrons filogenètics (Zink, 2004). No obstant això, les subespècies poden tenir una elevada utilitat en el rastreig del procés microevolutiu i en les estratègies de conservació, com aproximacions vàlides de la sub-estructura intraespecífica (Phillimore i Owens, 2006). En molts de casos, hi ha una neta diferència morfològica que justifica la separació subespecífica de poblacions al·lopàtriques que, en canvi, són genèticament properes, com passa per exemple en les subespècies *P. lilfordi lilfordi* de l'illa de l'Aire i *P. lilfordi balearica* de l'illa del Rei a Menorca (Terrasa *et al.*, 2009). De la mateixa manera, encara que existeixin diferències genètiques detectables entre dues poblacions, aquest fet no permet la separació subespecífica si entre les mateixes no existeix una diferenciació fenotípica (Patten, 2015). Si partim d'aquestes premisses, analitzam aquí la concordança entre la filogènia molecular de les poblacions de la sargantana balear a Cabrera i la seva agrupació subespecífica.

La nostra revisió de la sistemàtica de les sargantanes de Cabrera es basa en l'anàlisi morfomètrica i de coloració i disseny de la totalitat de les poblacions i subespècies descrites. Hem inclòs 749 individus adults (443 mascles i 306 femelles) capturats, estudiats i immediatament alliberats al lloc de captura, així com individus procedents de les col·leccions herpetològiques del *Alexander Koenig Museum* de Bonn, el *Naturkunde Museum* de Berlín, el *Natural History Museum* de Londres i el *Museo Nacional de Ciencias Naturales* de Madrid.

Els resultats de les anàlisis morfològiques mostren, en els mascles (Fig. 2), que el subclade central anomenat **Cabrera nord**, en vermell, agrupa les poblacions de tres subespècies morfològicament ben diferenciades, *P. lilfordi fahrae* de na Foradada, *P. lilfordi plana*e de na Plana i *P. lilfordi esponjicola* de l'illa de l'Esponja. Des del nostre punt de vista, aquestes subespècies són plenament vàlides, ja que posseeixen clares diferències en morfometria i folidosi que impliquen una àmplia distància en el morfoespai definit pel NMDS. És particularment interessant observar la posició extrema de l'Esponja, molt allunyada de la resta de poblacions, encara que el seu disseny i coloració és relativament similar. L'altre subclade de Cabrera nord, en groc, inclou dues subespècies relativament pròximes, *P. lilfordi conejerae* de sa Conillera i na Redona i *P. lilfordi pobrae* de l'illa Pobra. També en aquest cas podem considerar acceptable la situació relativa d'aquestes poblacions i la seva assignació subespecífica que no difereix amb els resultats de l'anàlisi filogeogràfic. De fet, en el cas dels mascles, totes les poblacions i subespècies de Cabrera nord ocupen la zona central del morfoespai definit pel NMDS.

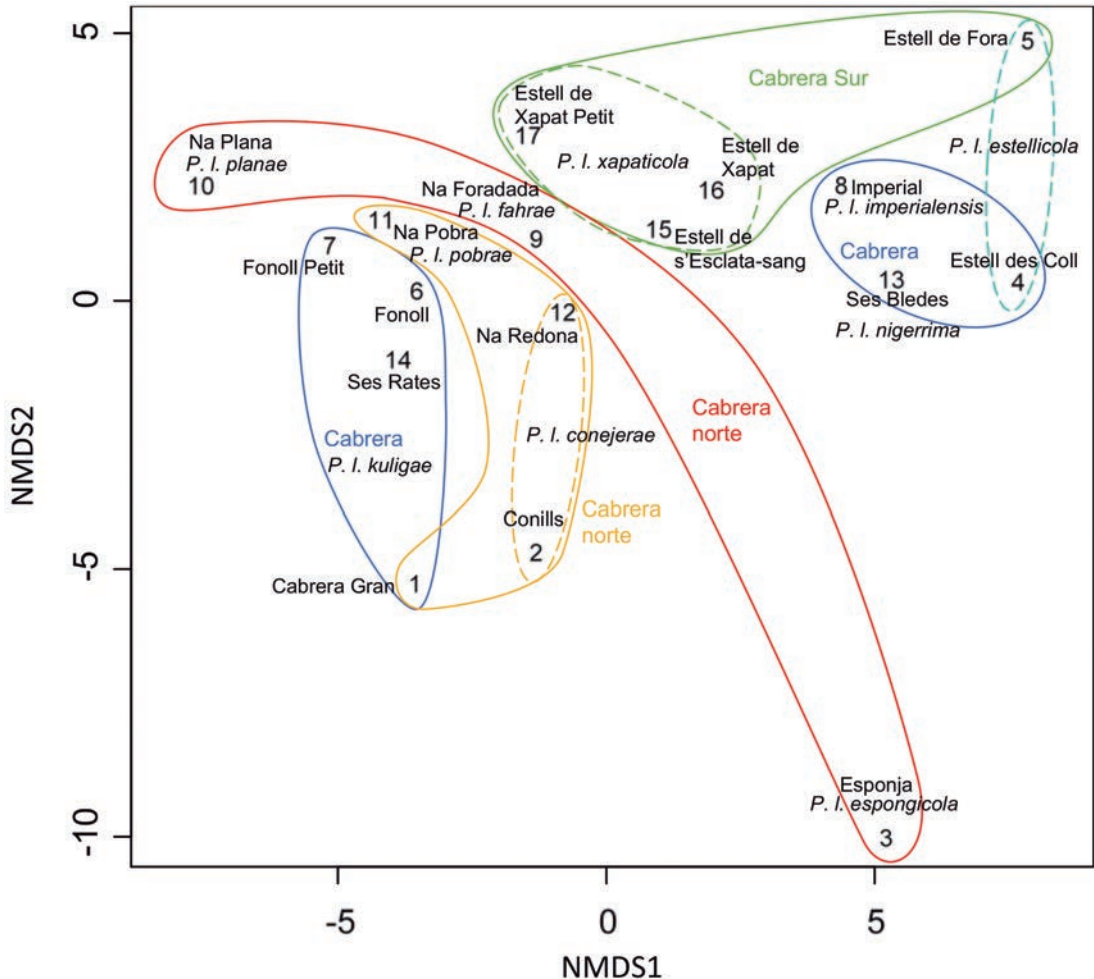


Figura 2. NMDS dels mascles adults de l'arxipèlag de Cabrera. Les línies contínues indiquen amb diferents colors cadascun dels clades i subclades definits en funció de l'anàlisi filogeogràfic de Terrasa *et al.* (2009a), amb els noms dels clades emprats en aquest treball. En línies discontinúes s'agrupen les poblacions que pertanyen a cadascuna de les subespècies descrites, i s'assenyala també el nom de cadascuna d'elles.

En les femelles adultes (Fig. 3), el clade Cabrera nord i els seus dos subclades ocupen una situació una mica diferent en el morfoespai del NMDS, però l'agrupació de poblacions i subespècies és sorprenentment coincident amb l'observada en els mascles, a l'igual que a la resta de clades, el que ens indica una notable congruència dels resultats. No obstant això, cal assenyalar que alguns

individus estudiats per Terrasa *et al.* (2009a) que pertanyen a Cabrera Gran s'agrupen en el clade Cabrera nord, mentre que altres ho feien en el clade Cabrera (Fig. 1).

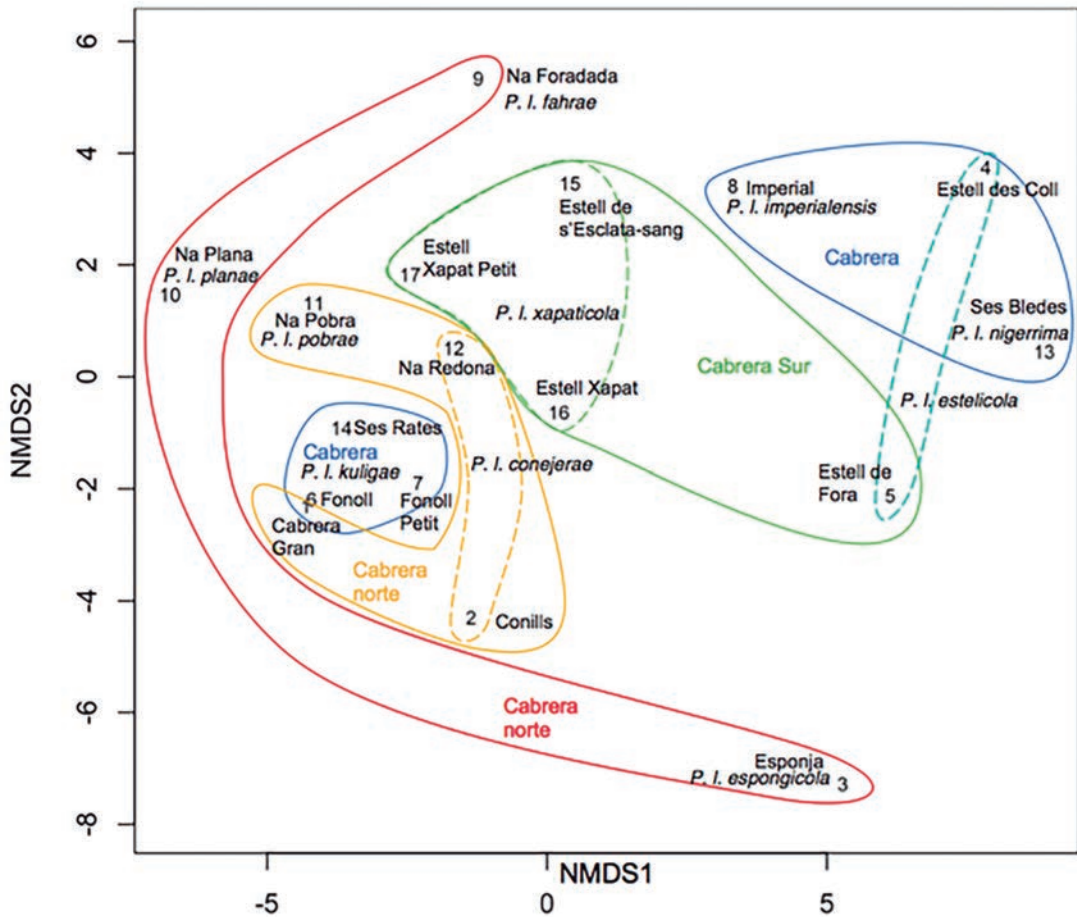


Figura 3. NMDS de les femelles adultes de l'arxipèlag de Cabrera.

Tant en mascles com en femelles, el clade **Cabrera sud** agrupa tres poblacions pertanyents a la subespècie *P. lilfordi xapaticola*. Així mateix, aquest clade inclou la població de l'Estell de Fora, morfològicament més allunyada i que, no obstant això, Salvador (1980) agrupa amb la de l'Estell des Coll a la subespècie *P. lilfordi estelicola*. Aquesta subespècie apareix feblement sustentada per l'anàlisi morfològica multivariant, així com per les evidències genètiques. En un altre lloc (Pérez-Cembranos *et al.*, en prep.) proposam la separació subespecífica de la població de l'Estell des Coll en una subespècie diferent a *P. lilfordi estelicola*, ja que la mateixa té com holotip un exemplar procedent de l'Estell de Fora (Salvador, 1980). Aquesta proposta incrementa la coherència de l'organització subespecífica de les sargantanes de Cabrera, sense complicar excessivament el seu panorama taxonòmic. De fet, tampoc incrementa d'una manera significativa l'heterogeneïtat del clade **Cabrera**, en blau, amb dos subclades notablement separats morfològicament, tant en els mascles com a les femelles (Fig. 2 i 3). En un dels subclades s'agrupen de manera morfològica i genèticament coherent les sargantanes de Cabrera Gran juntament amb les dels illots més propers a la illa principal: illa de ses Rates, illa des Fonoll i l'illot de n'Olló, totes elles incloses per Salvador (1980) a la subespècie *P. lilfordi kuligae*. Encara que realment Cabrera gran alberga subpoblacions relativament aïllades unes de les altres i amb morfologia diversa, tal com s'observa en la coloració i en el disseny de les sargantanes de la zona de la badia de Cabrera Gran (Fig. 4), respecte a les de la península de n'Ansiola (Fig. 5 i 6), que van ser fins i tot descrites com una subespècie diferenciada i posteriorment sinonimitzada amb *P. lilfordi kuligae* (Salvador, 1980). L'altre subclade és, taxonòmicament, el més heterogeni de l'arxipèlag, juntament amb el de Cabrera nord, ja que

inclou poblacions corresponents a l'illa de ses Bledes, de la subespècie *P. lilfordi nigerrima* i de l'Imperial, *P. lilfordi imperialensis*, sense oblidar-nos de la població de l'Estell des Coll, fins ara en la subespècie *P. lilfordi estelicola*.



Figura 4. Coloració i disseny dorsal del mascle i la femella adults de Cabrera Gran a la zona de la badia. Els individus il·lustrats representen una mitjana de les coloracions dorsals més habituals en mascles i femelles de gran part de l'illa.



Figura 5. Coloració i disseny dorsal dels mascles de la península de Ansiola, a Cabrera Gran. En general, tant mascles com femelles de n'Ansiola posseeixen una coloració dorsal que tendeix al melanisme.

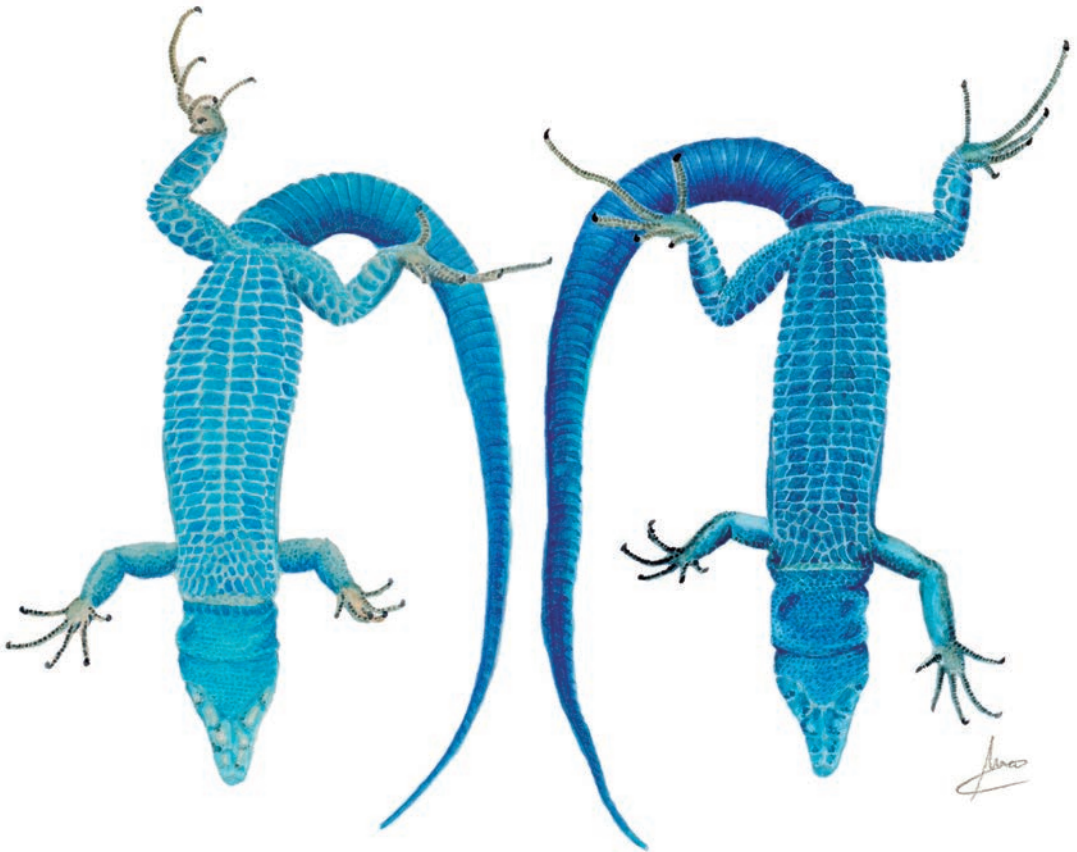


Figura 6. Coloració ventral en mascles de Cabrera Gran. A l'esquerra, tonalitats habituals en els mascles de la major part de l'illa. A la dreta, tonalitats habituals en els mascles de la península de n'Ansiola.

En definitiva, com era d'esperar, l'agrupació subespecífica de les sargantanes de Cabrera no és un fidel reflex de la complexa cladogènesis soferta per l'arxipèlag (Terrasa *et al.*, 2009a). No obstant això, els clades septentrional i meridional agrupen subespècies majoritàriament amb major proximitat morfològica i geogràfica i permeten, des del nostre punt de vista, mantenir la classificació subespecífica actual, potser amb l'excepció de la població de l'Estell des Coll, que s'hauria d'incloure en una subespècie separada de *P. lilfordi estelicola*.

Com s'ha esmentat, els treballs de Salvador (1979, 1980, 1986, 1993) brinden descripcions detallades de les característiques més rellevants de cada subespècie. Aquestes descripcions podrien ampliar-se amb detalls addicionals, però no creiem necessari fer-ho aquí, excepte en un cas concret, el de la població de *P. lilfordi espongicola* de l'illa de l'Esponja. Salvador (1979, 1980) assenyalava en la seva descripció original, basada únicament en dos individus, que es tracta d'una subespècie no melànica, de grans dimensions corporal i pili relativament llarg. De fet, s'afirma en aquest treball que l'absència de melanisme és la característica diagnòstica principal d'aquesta subespècie (Salvador, 1980). No obstant això, les sargantanes de l'illa de l'Esponja no tenen aquestes característiques. La seva grandària corporal i longitud del pili se situen en valors intermedis entre els d'altres poblacions (Taules I i II) i, el que és més rellevant, els individus de l'illa de l'Esponja es poden considerar melànics en una mesura similar a les d'altres poblacions de l'arxipèlag (Fig. 7 i 8 i Pérez-Cembranos *et al.*, en preparació). Malgrat tot això, la posició dels individus de l'illa de l'Esponja al morfoespai definit pel NMDS, tant en mascles com en femelles (Fig. 2 i 3), ens indica que *P. lilfordi espongicola* és plenament acceptable.

Taula I. Caràcters morfomètrics i de folidosis en els mascles adults de les diferents poblacions. Per a cada variable es presenten la mitjana aritmètica \pm ES (error estàndard), el recorregut de la variable (mínim-màxim) i el nombre d'individus estudiats.

Població	LCC	LP	AC	AP	LMP	LAM	FEM	GUL	DOR	VENT	COLL
1. Cabrera gran	66,57 \pm 00,62 (74)	16,83 \pm 0,16 (29)	7,74 \pm 0,13 (29)	8,01 \pm 0,2 (29)	35,03 \pm 0,46 (27)	30,54 \pm 0,55 (13)	22,57 \pm 0,42 (14)	32,93 \pm 1,16 (14)	79,25 \pm 1,29 (8)	23,07 \pm 0,44 (14)	11,29 \pm 0,42 (14)
2. Conills	68,88 \pm 0,88 (20)	16,79 \pm 0,27 (16)	8,7 \pm 0,2 (16)	7,66 \pm 0,17 (16)	35,66 \pm 0,58 (16)	32,44 \pm 0,47 (16)	23,56 \pm 0,47 (16)	32,81 \pm 0,62 (16)	79,69 \pm 1,68 (16)	22,38 \pm 0,27 (16)	11 \pm 0,39 (16)
3. Esponge	71,08 \pm 1,32 (6)	17,29 \pm 0,22 (4)	7,37 \pm 0,16 (4)	7,78 \pm 0,15 (4)	37,74 \pm 1,71 (4)	29 \pm 1,05 (5)	21,2 \pm 0,8 (5)	28,2 \pm 1,91 (5)	86,75 \pm 1,11 (4)	24,4 \pm 1,03 (5)	10,4 \pm 0,51 (5)
4. Estell de dos Coll	77,18 \pm 0,89 (19)	18,03 \pm 0,16 (14)	9,52 \pm 0,15 (14)	8,39 \pm 0,16 (14)	40,53 \pm 0,33 (14)	32,5 \pm 0,36 (14)	22,64 \pm 0,57 (14)	31,86 \pm 0,94 (14)	80,07 \pm 0,62 (14)	21,71 \pm 0,37 (14)	11,57 \pm 0,17 (14)
5. Estell de Fora	78,67 \pm 2,03 (3)	19,08 (1)	10,97 (1)	9,56 (1)	41,7 (1)	31 (1)	21 (1)	29 (1)	77 (1)	23 (1)	13 (1)
6. Fonoll	68,92 \pm 0,91 (20)	17,09 \pm 0,23 (11)	8,77 \pm 0,16 (11)	7,76 \pm 0,09 (14)	35,74 \pm 0,57 (10)	30,8 \pm 0,49 (10)	22,64 \pm 0,6 (11)	30,64 \pm 0,83 (11)	74,55 \pm 0,82 (11)	22 \pm 0,23 (11)	11,45 \pm 0,31 (11)
7. Fonoll petit	67,67 \pm 0,88 (3)	16,88 \pm 0,29 (3)	8,57 \pm 0,23 (3)	7,6 \pm 0,09 (3)	36,01 \pm 1,29 (3)	29 \pm 2,52 (3)	21,67 \pm 0,88 (3)	31,33 \pm 0,33 (3)	73,33 \pm 1,2 (3)	22 \pm 0,58 (3)	11,33 \pm 0,67 (3)
8. Imperial	75,76 \pm 0,63 (25)	18,19 \pm 0,12 (19)	9,52 \pm 0,12 (19)	8,72 \pm 0,12 (19)	39,32 \pm 0,48 (18)	30,06 \pm 0,34 (18)	22,05 \pm 0,44 (19)	31,79 \pm 0,66 (19)	77,26 \pm 1,17 (19)	22,32 \pm 0,23 (19)	11,79 \pm 0,36 (19)
9. Na Foradada	70,38 \pm 0,45 (85)	17,63 \pm 0,2 (48)	8,59 \pm 0,1 (48)	8,42 \pm 0,1 (55)	37,35 \pm 0,32 (46)	30,68 \pm 0,5 (31)	20,73 \pm 0,2 (41)	28,03 \pm 0,61 (33)	75,67 \pm 1,78 (27)	22,12 \pm 0,23 (33)	11,55 \pm 0,19 (33)
10. Na Plana	67,22 \pm 0,73 (20)	16,36 \pm 0,16 (20)	8,15 \pm 0,16 (15)	7,42 \pm 0,14 (15)	33,84 \pm 0,48 (15)	29,53 \pm 0,41 (15)	20,4 \pm 0,43 (15)	29,8 \pm 0,49 (15)	71,33 \pm 0,68 (15)	20,87 \pm 0,19 (15)	11,13 \pm 0,24 (15)
11. Na Pobra	68,44 \pm 0,52 (43)	16,92 \pm 0,11 (38)	8,97 \pm 0,09 (38)	8,12 \pm 0,08 (38)	35,59 \pm 0,37 (37)	29,62 \pm 0,31 (37)	20,5 \pm 0,31 (38)	29,16 \pm 0,33 (38)	75,03 \pm 0,57 (34)	21,61 \pm 0,16 (38)	11,92 \pm 0,19 (38)
12. Na Redona	71,08 \pm 0,75 (26)	17,15 \pm 0,19 (16)	8,53 \pm 0,16 (16)	7,81 \pm 0,16 (16)	36,6 \pm 0,42 (16)	31,19 \pm 0,44 (16)	21,5 \pm 0,46 (16)	29,56 \pm 0,56 (16)	76,94 \pm 0,84 (16)	21,62 \pm 0,3 (16)	11,38 \pm 0,27 (16)
13. Ses Bledes	74,63 \pm 1,02 (15)	18,44 \pm 0,28 (7)	8,65 \pm 0,35 (7)	8,72 \pm 0,16 (7)	41,31 \pm 0,98 (7)	31,71 \pm 0,68 (7)	20,57 \pm 0,65 (7)	31,86 \pm 0,55 (7)	78,67 \pm 1,2 (7)	22,29 \pm 0,75 (7)	10,57 \pm 0,3 (7)
14. Ses Rates	69,58 \pm 1,24 (13)	16,11 \pm 0,17 (3)	8,1 \pm 0,16 (3)	6,84 \pm 0,2 (3)	34,7 \pm 0,33 (3)	31,67 \pm 0,33 (3)	22 \pm 0,55 (5)	32,25 \pm 3,07 (4)	74,67 \pm 2,6 (3)	22,67 \pm 0,33 (3)	11 \pm 1 (3)
15. Estell de s'Esclata-sang	72,83 \pm 0,44 (39)	17,87 \pm 0,19 (23)	8,75 \pm 0,27 (23)	8,35 \pm 0,12 (26)	37,77 \pm 0,48 (22)	30,11 \pm 0,54 (9)	21,41 \pm 0,45 (17)	32 \pm 0,36 (18)	75,4 \pm 1,17 (10)	23,22 \pm 0,38 (18)	11,88 \pm 0,26 (17)
16. Xapat gros	73,26 \pm 0,48 (23)	18,1 \pm 0,12 (21)	9,75 \pm 0,11 (21)	8,79 \pm 0,1 (21)	39,44 \pm 0,57 (19)	30,39 \pm 0,33 (18)	20,9 \pm 0,4 (21)	30,38 \pm 0,49 (21)	75,95 \pm 0,72 (20)	22,05 \pm 0,2 (21)	11,38 \pm 0,29 (21)
17. Xapat petit	70,62 \pm 1,61 (8)	18,13 \pm 0,28 (8)	9,47 \pm 0,26 (8)	8,51 \pm 0,16 (8)	38,7 \pm 0,6 (7)	30,57 \pm 0,57 (7)	20,38 \pm 0,5 (8)	31,38 \pm 0,68 (8)	73,38 \pm 1,19 (8)	22,12 \pm 0,4 (8)	11,75 \pm 0,45 (8)

Taula II. Caràcters morfomètrics i de folidosis en les femelles adultes de les diferents poblacions. Per a cada variable es presenten la mitjana aritmètica \pm ES (error estàndard), el recorregut de la variable (mínim-màxim) i el nombre d'individus estudiats.

Població	LCC	LP	AC	AP	LMP	LAM	FEM	GUL	DOR	VENT	COLL
1. Cabrera gran	59,98 \pm 0,44 (84)	14,22 \pm 0,12 (48)	6,83 \pm 0,08 (50)	6,67 \pm 0,10 (49)	30,62 \pm 0,26 (50)	31,70 \pm 0,27 (43)	21,47 \pm 0,34 (43)	30,07 \pm 0,36 (42)	74,80 \pm 0,62 (40)	24,40 \pm 0,21 (43)	11,49 \pm 0,19 (43)
2. Conills	61,66 \pm 0,70 (16)	14,36 \pm 0,19 (14)	7,23 \pm 0,18 (14)	6,46 \pm 0,07 (14)	31,35 \pm 0,45 (14)	30,14 \pm 0,56 (14)	22,36 \pm 0,55 (14)	32,14 \pm 0,53 (14)	77,93 \pm 1,02 (14)	24,21 \pm 0,26 (14)	11,14 \pm 0,36 (14)
3. Esponge	65,90 \pm 1,21 (5)	14,56 \pm 0,31 (2)	6,49 \pm 0,51 (2)	6,64 \pm 0,34 (2)	32,22 \pm 2,07 (2)	29,33 \pm 0,33 (3)	19,00 \pm 0,58 (3)	28,33 \pm 1,20 (3)	82,33 \pm 4,84 (3)	25,00 \pm 1,53 (3)	11,00 \pm 0,00 (3)
4. Estell de dos Coll	70,82 \pm 2,10 (9)	15,22 \pm 0,32 (5)	7,67 \pm 0,29 (5)	7,38 \pm 0,28 (5)	35,62 \pm 0,60 (5)	32,20 \pm 0,86 (5)	22,40 \pm 0,81 (5)	28,40 \pm 0,81 (5)	76,20 \pm 2,11 (5)	24,40 \pm 0,40 (5)	11,00 \pm 0,45 (5)
5. Estell de Fora	65,36 \pm 1,36 (7)	15,83 \pm 0,22 (6)	7,85 \pm 0,19 (6)	7,38 \pm 0,10 (6)	37,62 \pm 0,44 (6)	31,00 \pm 0,45 (6)	20,17 \pm 0,48 (6)	31,00 \pm 0,26 (6)	79,00 \pm 2,28 (6)	25,17 \pm 0,65 (6)	11,67 \pm 0,56 (6)
6. Fonoll	60,43 \pm 0,93 (15)	14,09 \pm 0,14 (12)	6,66 \pm 0,11 (12)	6,45 \pm 0,21 (13)	30,73 \pm 0,34 (12)	31,67 \pm 0,56 (12)	21,92 \pm 0,57 (12)	31,58 \pm 0,60 (12)	74,50 \pm 0,96 (12)	23,17 \pm 0,34 (12)	11,17 \pm 0,34 (12)
7. Fonoll petit	61,10 \pm 2,14 (5)	14,67 \pm 0,34 (5)	6,92 \pm 0,12 (5)	6,70 \pm 0,17 (5)	31,89 \pm 0,43 (5)	30,80 \pm 0,37 (5)	22,00 \pm 0,71 (5)	30,20 \pm 1,07 (5)	75,60 \pm 1,17 (5)	24,00 \pm 0,55 (5)	11,00 \pm 0,71 (5)
8. Imperial	67,71 \pm 1,29 (14)	15,64 \pm 0,29 (13)	7,90 \pm 0,18 (13)	7,38 \pm 0,15 (13)	35,48 \pm 0,86 (13)	30,08 \pm 0,52 (13)	20,92 \pm 0,43 (13)	31,23 \pm 0,91 (13)	73,31 \pm 1,31 (13)	22,85 \pm 0,37 (13)	11,00 \pm 0,52 (13)
9. Na Foradada	65,86 \pm 0,69 (33)	15,70 \pm 0,24 (23)	7,21 \pm 0,12 (23)	7,23 \pm 0,13 (24)	32,68 \pm 0,58 (21)	29,12 \pm 0,40 (17)	19,50 \pm 0,37 (18)	28,78 \pm 0,64 (18)	70,50 \pm 1,59 (14)	23,56 \pm 0,32 (18)	11,50 \pm 0,31 (18)
10. Na Plana	59,53 \pm 0,66 (19)	14,15 \pm 0,25 (15)	6,71 \pm 0,11 (15)	6,30 \pm 0,14 (15)	29,86 \pm 0,58 (13)	28,92 \pm 0,67 (13)	20,00 \pm 0,38 (15)	29,07 \pm 0,69 (15)	71,07 \pm 0,99 (15)	22,80 \pm 0,34 (15)	11,07 \pm 0,33 (15)
11. Na Pobra	61,70 \pm 0,52 (30)	14,43 \pm 0,15 (25)	7,41 \pm 0,10 (25)	6,87 \pm 0,07 (25)	31,44 \pm 0,32 (25)	29,12 \pm 0,35 (25)	20,12 \pm 0,40 (25)	29,36 \pm 0,43 (25)	72,42 \pm 0,84 (19)	22,92 \pm 0,26 (25)	11,40 \pm 0,31 (25)
12. Na Redona	63,62 \pm 1,06 (8)	14,48 \pm 0,19 (8)	6,72 \pm 0,12 (8)	6,30 \pm 0,10 (8)	32,15 \pm 0,55 (8)	31,38 \pm 0,50 (8)	21,50 \pm 0,71 (8)	30,25 \pm 0,92 (8)	72,88 \pm 0,79 (8)	23,88 \pm 0,35 (8)	11,00 \pm 0,33 (8)
13. Ses Bledes	69,45 \pm 1,24 (10)	15,65 \pm 0,27 (8)	6,85 \pm 0,25 (8)	7,46 \pm 0,12 (8)	36,06 \pm 0,66 (8)	31,12 \pm 0,93 (8)	21,12 \pm 0,52 (8)	33,88 \pm 0,52 (8)	78,00 \pm 4,00 (2)	25,38 \pm 0,37 (8)	11,12 \pm 0,23 (8)
14. Ses Rates	62,05 \pm 0,93 (10)	14,22 \pm 0,14 (8)	6,66 \pm 0,06 (8)	6,24 \pm 0,09 (8)	30,18 \pm 0,46 (8)	32,00 \pm 0,53 (8)	22,00 \pm 0,58 (10)	30,25 \pm 0,59 (8)	73,50 \pm 0,96 (8)	25,12 \pm 0,48 (8)	11,50 \pm 0,33 (8)
15. Estell de s'Esclata-sang	66,18 \pm 0,85 (28)	15,02 \pm 0,25 (14)	7,27 \pm 0,15 (14)	7,09 \pm 0,12 (17)	32,29 \pm 0,67 (14)	28,50 \pm 0,60 (10)	19,91 \pm 0,55 (11)	31,27 \pm 0,91 (11)	72,60 \pm 0,86 (10)	24,00 \pm 0,56 (11)	12,45 \pm 0,51 (11)
16. Xapat gros	62,50 \pm 1,13 (6)	15,17 \pm 0,28 (3)	7,45 \pm 0,17 (3)	7,25 \pm 0,09 (3)	34,61 \pm 1,74 (3)	29,67 \pm 0,33 (3)	21,67 \pm 2,03 (3)	29,67 \pm 1,20 (3)	75,67 \pm 2,03 (3)	22,67 \pm 0,88 (3)	12,00 \pm 1,00 (3)
17. Xapat petit	61,50 \pm 1,55 (5)	14,73 \pm 0,39 (5)	7,21 \pm 0,31 (5)	6,82 \pm 0,22 (5)	33,91 \pm 1,22 (5)	30,40 \pm 1,17 (5)	18,60 \pm 0,40 (5)	29,80 \pm 0,73 (5)	73,80 \pm 1,53 (5)	22,00 \pm 0,32 (5)	11,75 \pm 0,75 (4)

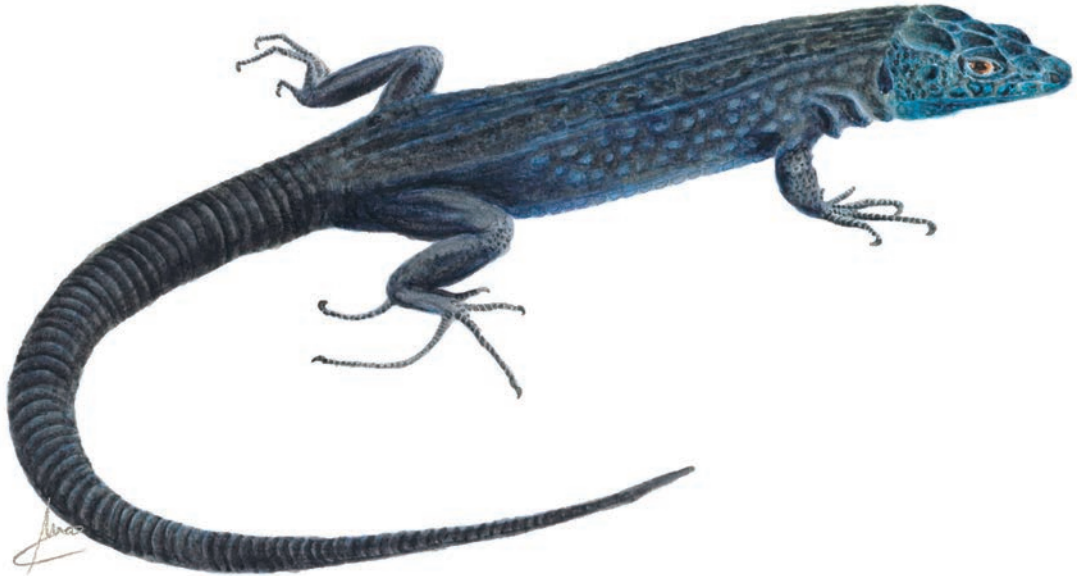


Figura 7. Mitjana de la coloració dorsal en els mascles observats a l'Esponja. Cal observar la forta pigmentació, similar a la descrita en moltes altres poblacions d'illots al voltant de Cabrera Gran.

CARÀCTERS ADAPTATIUS DE LA MORFOLOGIA EN LES SARGANTANES DE CABRERA

La morfologia, coloració i disseny de les sargantanes de Cabrera van ser descrits per Salvador en els seus treballs sistemàtics (Salvador, 1979, 1980) i en la recopilació de les característiques morfològiques relacionades amb l'ecologia (Salvador, 1986). Un dels aspectes més sorprenents de la morfologia és la dominància del melanisme en la majoria de les seves poblacions. En altres clades de l'espècie, com el del Menorca, predominen les formes no melàniques, amb alguna excepció, com la subespècie típica, *P. lilfordi lilfordi* de l'Illa de l'Aire (Pérez-Mellado i Salvador, 1988). Per contra, a l'arxipèlag de Cabrera són majoria les poblacions melàniques (Salvador, 1979, 1980). A més s'ha assenyalat que hi ha un policromatisme en el rang de l'ultraviolat de la zona ventral als individus de Cabrera Gran i s'ha discutit, encara que sense evidències experimentals, sobre la possible funció de les coloracions blaves a la comunicació intraespecífica i la detectabilitat dels individus, que podrien emprar aquesta coloració com a senyal honesta (Pérez i de Lanuza i Font, 2010). D'altra banda, Bauwens i Castilla (1998) van assenyalat que hi ha un canvi ontogenètic de la coloració a *P. lilfordi kuligae*, fet que ja era ben conegut des dels treballs de Salvador (1979) i que fins i tot ho havia comentat Lorenz Müller (1927) en les diagnòsics de les primeres subespècies descrites a l'arxipèlag.

Buades *et al.* (2013), varen estudiar l'associació del polimorfisme del gen *mc1r* amb la variabilitat cromàtica de les sargantanes del gènere *Podarcis*, amb la inclusió de les poblacions no melàniques de Cabrera Gran i les melàniques de na Foradada. A *Podarcis* s'observa un elevat polimorfisme del gen *mc1r*, però no s'observa cap relació entre les mutacions d'aquest gen i la característica melànica de les poblacions. La conclusió preliminar és que no hi ha una relació consistent entre el polimorfisme del *mc1r* i la pigmentació més o menys intensa en les espècies de *Podarcis* estudiades (Buades *et al.*, 2013).

D'altra banda, el dimorfisme sexual a les sargantanes de Cabrera també es va assenyalat i estudiar en els treballs de Salvador (1979, 1980, veure un resum en Salvador, 1993). Aquest dimorfisme es

basa en les notables diferències en grandària corporal, robustesa i dimensions cefàliques de mascles i femelles. Aquests trets són coincidents en els treballs de Salvador (1980) i Ramon i Castro (1988). Els mascles posseeixen, com en moltes altres espècies de lacèrtids, major grandària corporal i caps més amples que les femelles.

DEMOGRAFIA I DENSITAT DE LES POBLACIONS

La densitat de població de les sargantanes de Cabrera ha estat objecte de diversos estudis. El problema principal és que molts d'aquests treballs, o bé no tenen detalls sobre la metodologia emprada en les estimacions, o bé aquesta metodologia es troba lluny dels estàndards actuals d'estimació de la densitat de població en vertebrats terrestres. Salvador (1986) recull les seves primeres estimacions procedents de la dècada dels anys 70 de segle XX, quan va portar a terme els seus estudis pioners de les sargantanes de Cabrera. Aquest autor afirmava que a l'illa de l'Esponja, l'illot de n'Olló i a l'illot de ses Bledes, la població no era major d'uns 25 individus per illot. Al Carabassot hi hauria unes 50 sargantanes, mentre que a l'illa de ses Rates la població seria del voltant d'un centenar i la densitat de 0,22 individus/m², que significa una no menyspreable densitat de 2.200 individus/ha (taula III). A sa Conillera s'estimava una densitat de 5.800 individus/ha, la mateixa que a Cabrera Gran, mentre que a l'Imperial la densitat seria de 11.000 individus/ha, el que suposaria la major densitat de l'espècie publicada fins a la data (Pérez-Mellado, 1989; Pérez-Mellado *et al.*, 2008); a l'Estell d'en Terra de 44.000 individus/ha, la major densitat mai publicada per rèptils a nivell mundial (Rodda *et al.*, 2001, taula III). És obvi que, d'acord amb totes les estimacions ulteriors a les poblacions de sargantanes de Cabrera, les densitats assenyalades per Salvador (1986) s'han de considerar com probablement inexistents a l'actualitat. O bé s'ha produït una disminució extrema dels efectius en la totalitat de les poblacions (veure més a baix), o bé les densitats estimades fa més de 40 anys no posseeixen una completa fiabilitat. Malauradament, aquestes densitats van ser publicades en una obra de caràcter general (Salvador, 1986), sense cap detall sobre la metodologia d'estimació emprada. Un tema diferent és el de l'estimació de densitat corresponent a illots com Esponja, de difícil accés. En aquest cas, l'estimació de Salvador (1986) és molt inferior a l'obtinguda per nosaltres en 2018, però aquesta última correspon únicament a un vessant escarpada de l'illot que, probablement, no reflecteixi adequadament la seva densitat global.

La Unitat de Vida Silvestre de l'ICONA (UVS, 1984) va publicar densitats de població per a nou illots de l'arxipèlag de Cabrera, amb valors de densitat molt reduïts en gairebé tots els casos. És probable que aquestes estimes presentin d'un problema metodològic, ja que es basen en un protocol de quantificació per mitjà de comptatge, captura i recompte d'individus que, aparentment, no es recolza en cap de les múltiples metodologies d'estimació de densitats implementades per vertebrats terrestres.

La densitat de sargantanes de Cabrera exhibeix, en les diferents poblacions, valors similars als descrits en altres poblacions de *P. lilfordi* (Pérez-Mellado *et al.*, 2008) i *P. pityusensis* (dades inèdites). Potser les xifres més discordants corresponen a les estimacions de Salvador (1986), en general amb valors més elevats que a la resta d'estudis, exceptuant els casos de l'illot de ses Bledes, l'Esponja i des Fonoll. En els illots de menor extensió, com l'Estell de s'Esclata-sang, l'Esponja, Estell des Coll o Estell Xapat, les discordances entre estimacions són màximes (taula III) i indiquen, no només metodologies diferents, sinó també, amb tota probabilitat, fluctuacions poblacionals extremes, com solen observar-se en aquests petits enclavaments insulars (Pérez-Mellado *et al.* 2008 i referències incloses).

A les illes de major extensió, com Cabrera Gran o sa Conillera, és habitual obtenir estimacions per sota dels 1000 individus/ha, una elevada densitat en àrees continentals, però reduïda si la comparem amb illots petits. En aquest sentit, les estimacions de 2018, corresponents a una àmplia zona de la badia de Cabrera Gran, ens indicarien que les poblacions es troben en un bon estat de conservació, si bé cal fer extensions futures de les nostres estimacions a la resta de la superfície de Cabrera Gran. D'altra banda, potser l'estimació més coincident al llarg dels anys correspon a sa

Conillera, amb una única dada discordant dels anys 70 del segle XX publicat per Salvador (1986).

La densitat de més de 7000 individus/ha de l'Esponja a 2018, es circumscriu a una zona del vessant meridional de l'illot, però no tenim estimacions ulteriors de la zona superior de l'illa que confirmin aquesta abundància a tota l'illa. De qualsevol manera, indica una abundant població a l'Esponja, tot i l'aparent escassetat d'individus observada en visites anteriors (dades inèdites). En els Estells, na Foradada, na Redona i l'illot de ses Bledes, estimam durant l'any 2018 densitats per sobre dels 1.000 individus/ha, que ens indiquen una abundància que, amb les conegudes fluctuacions, s'ha mantingut al llarg de diverses dècades (taula III). Finalment, és interessant assenyalar el cas de l'illa de ses Rates que, clarament, posseïa densitats molt baixes en els últims 30 anys (UVS, 1984; Sáez, 1993a i b; Pérez-Mellado *et al.* 2008) i que, aparentment, s'ha recuperat, amb valors actuals al voltant dels 500 individus/ha (taula III).

Taula III. Estimacions de densitat. En tots els casos, s'assenyala la densitat en nombre d'individus/ha, s'han transformat les dades d'alguns autors que expressaven la densitat en altres unitats de superfície. Les dades de Sáez (1993a ib) corresponen a informes inèdits, a l'igual que els de Pérez-Mellado (2009) i Pérez-Cembranos i Pérez-Mellado (2017 i 2018).

Població	Salvador (1986)	U.V.S. (1984)	Martínez- Rica i Castilla (1987)	Sáez (1993)	Pérez- Mellado <i>et</i> <i>al.</i> (2008)	Pérez- Mellado (2009)	Pérez- Cembranos i Pérez-Mellado (2017)	Pérez- Cembranos i Pérez-Mellado (2018)
Cabrera Gran	5.800			214	330		717	1.382
Conills	5.800		492	249	634	152		558
S'Esclata- sang		215			3.117		1.341	1.786
Esponja	167	40						7.215
Estell de Fora		455						
Estell des Coll		59						1.748
Estell Xapat	44.000	500		584	2007			1.229
Estell Xapat petit	0,88			926				
Fonoll	227	89		671	7816		1.202	488
Fonoll petit		48						480
Imperial		11.000		542	1.484		686	598
Na Foradada			1.080	2.569	2.595	2.282	1.069	1.179
Na Plana				280	2.022	318	400	295
Na Pobra				1.354	2.361	600		238
Na Redona				212	212			1.051
Ses Bledes	44	149		185	2.853		2.888	1.855
Ses Rates		51		32	32		482	551

ECOLOGIA I HISTÒRIA NATURAL DE LES SARGANTANES DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

REPRODUCCIÓ

L'única informació disponible sobre els patrons de reproducció de les sargantanes de Cabrera procedeix de la feina en captivitat duta a terme per Castilla i Bauwens (2000), basant-se en l'estudi de 11 femelles i 11 mascles procedents de Cabrera Gran i d'algunes observacions de Salvador (1986). En cinc de les femelles estudiades, Castilla i Bauwens (2000) van obtenir dues postes successives i en les sis restants un total de tres postes, separades per intervals d'uns 20 dies. El nombre de la posta és molt reduït, de 2 a 4 ous de grans dimensions, no hi ha cap correlació estadísticament significativa entre la grandària de posta i la mida corporal de la femella.

És destacable el caràcter voluminos dels ous, més grans que els de qualsevol altra espècie de lacèrtid de mida corporal similar, la mida dels nounats també és molt elevada, que és de 1,5 a 2,5 vegades més grans que la dels lacèrtids continentals de similar grandària. D'aquesta manera, les sargantanes de Cabrera Gran es trobarien a l'extrem de les estratègies reproductores dels lacèrtids, caracteritzat per mides de pota reduïdes, ous de gran volum i maduresa sexual primerenca (Castilla i Bauwens, 2000).

És probable que l'existència de múltiples postes, ja assenyalada per Salvador (1986), sigui un tret adaptatiu per esglaonar l'esforç reproductor durant un període de diversos mesos a la primavera i estiu, el que permetria modular aquest esforç en funció de l'abundància anual de recursos. De la mateixa manera, els nadons de grans dimensions corporal tindrien més probabilitats de supervivència en un medi pobre i impredecible pel que fa als recursos tròfics i en el qual el canibalisme és relativament freqüent (Pérez-Mellado, 2006, 2009).

ESTRATÈGIES D'OBTENCIÓ DE L'ALIMENT I DIETA

La dieta de la sargantana balear de l'arxipèlag de Cabrera ha estat objecte d'estudi per part de Salvador (1976, 1993 i 1986), amb observacions puntuals d'altres autors en treballs generals. Exposem aquí els nostres propis resultats inèdits, obtinguts de l'anàlisi de 622 excrements recollits en 13 poblacions o obtinguts d'exemplars capturats i després alliberats, en els quals hem identificat 2.871 preses. Les mostres corresponen als mesos de juny, juliol i octubre de 2004, 2009, 2016, 2017 i 2018 i es presenten aquí conjuntament, analitzant únicament per separat les dietes de les diferents poblacions.

Les sargantanes balears de Cabrera són omnívores (Fig. 9). La seva dieta inclou tant elements vegetals com a preses animals, carronya i fins i tot conespecífics. Quantitativament, la presa majoritària en totes les poblacions és *Formicidae*, una presa agrupada i abundant en els ecosistemes insulars mediterranis que, a més, constitueix un recurs tròfic gairebé universal en les poblacions balears de lacèrtids (Pérez-Mellado i Corti, 1993). No obstant això, des del punt de vista volumètric, les preses més importants són els gasteròpodes, isòpodes terrestres i coleòpters (Fig. 10).

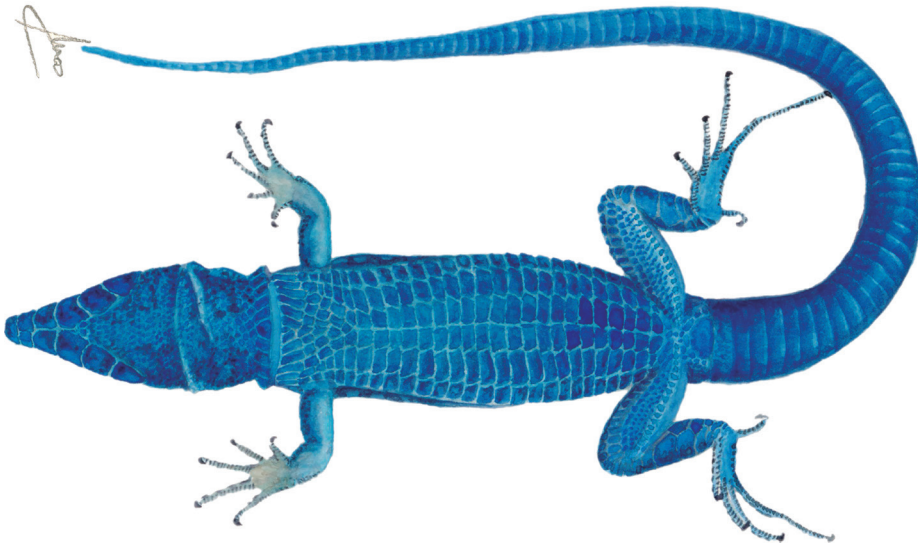


Figura 8. Mitjana de la coloració ventral en els mascles de l'Espanja.

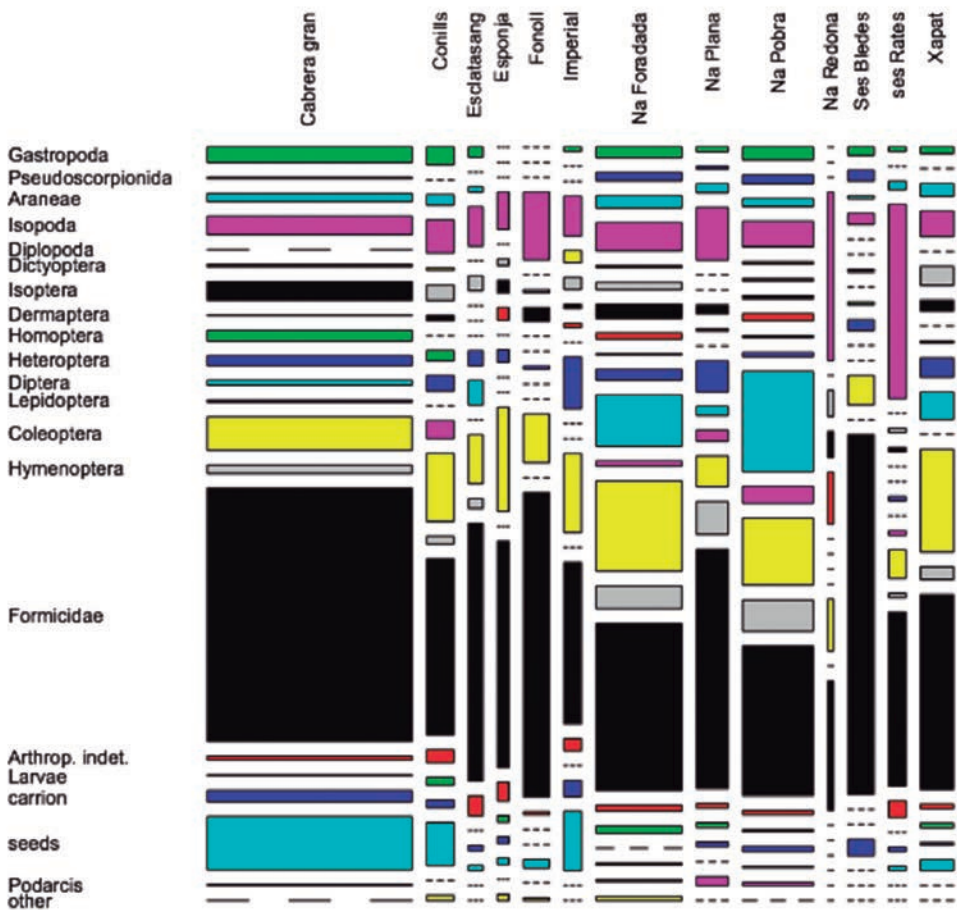


Figura 9. Diagrama en mosaic de la dieta de *Podarcis lilfordi* a les poblacions de Cabrera estudiades, es considera la freqüència d'aparició de cada tipus de presa.

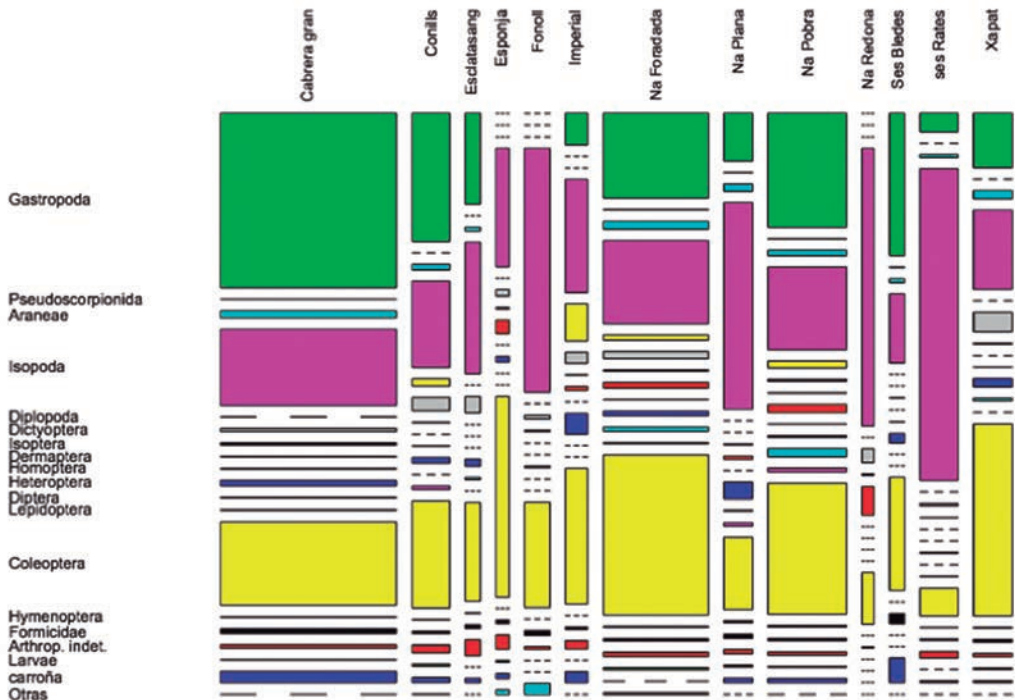


Figura 10. Diagrama en mosaic de la dieta de *Podarcis lilfordi* a les poblacions de Cabrera estudiades, considerant el volum consumit de cada tipus de presa.

En el seu conjunt, les dietes de les diferents poblacions són significativament diferents (adonis, $F_{13,977} = 9.1416$, $p = 0,000999$), amb una clara heterogeneïtat de les distribucions de partida (*betadisper de vegan*, $F_{13,964} = 14.896$, $p = 2,2 \times 10^{-14}$). No obstant això, es tracta de diferències difuses i en les comparacions aparellades, cap d'elles indica diferències estadísticament significatives i només algunes parelles de comparacions exhibeixen valors de $p < 0,07$. En termes de volum de preses consumit, també hi ha diferències significatives entre les poblacions (adonis, $F_{12,919} = 7.949$, $p = 0,00099$), també amb una heterogeneïtat significativa de les mateixes (*betadisper*, $F_{12,919} = 29.314$, $p = 2,2 \times 10^{-16}$).

Pel que fa a la diversitat de la dieta, no hem trobat cap diferència estadísticament significativa pel que fa a les comparacions aparellades entre els números d'Hill de les poblacions estudiades ($p > 0,05$ en tots els casos). En volum, tan sols hem trobat diferències significatives entre la diversitat de Cabrera Gran, la més elevada i la de l'illa Pobra, la més reduïda (per $q = 1$, $p = 0,0224$).

La inspecció dels dendrogrames d'afinitats ens indica que, tant en freqüències com en volum, na Foradada i l'illa Pobra apareixen estretament associades, amb una dieta basada en coleòpters i similars proporcions de gasteròpodes terrestres i isòpodes (Fig. 11 i 12). En volum, Cabrera Gran s'acosta a aquestes dues illes i, en menor mesura, també en freqüències de preses consumides. La neta separació de Cabrera gran pel que fa a freqüències de preses consumides es deu, fonamentalment, a l'aparició a l'illa de major extensió de l'arxipèlag d'una sèrie de grups minoritaris com homòpters, pseudoscorpins i diplòpodes.

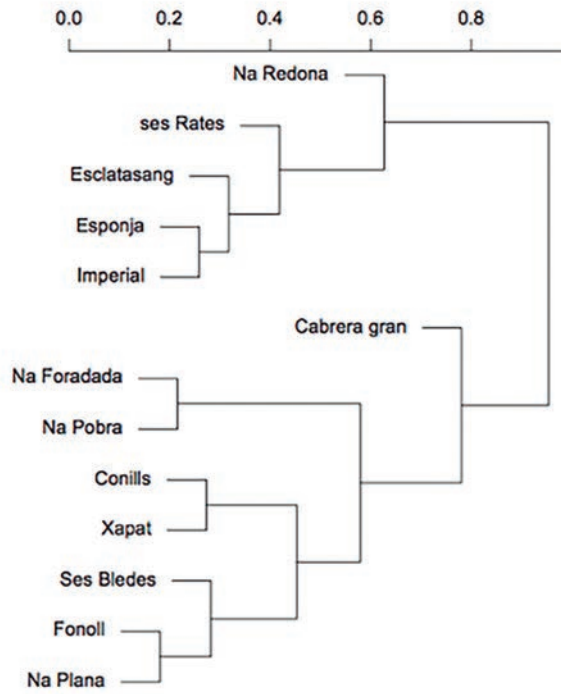


Figura 11. Dendrograma d'afinitats de la dieta, considerant les freqüències de cada presa, en les poblacions de Cabrera estudiades.

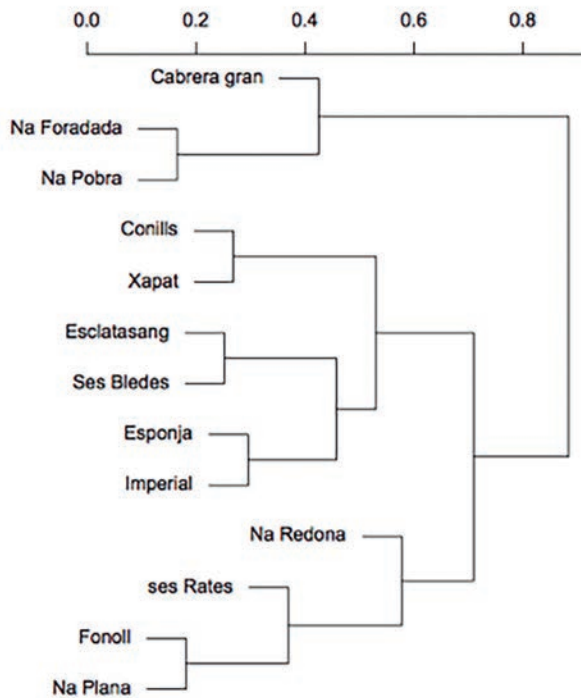


Figura 12. Dendrograma d'afinitats de la dieta en les poblacions estudiades de Cabrera, considerant el volum consumit de cada presa.

Pel que fa al consum de conespecífics, hem observat casos de canibalisme a Cabrera Gran, na Foradada, l'illa Pobra i a na Plana. Aparentment, el canibalisme estaria absent o seria notablement menys freqüent en els illots de menor extensió de l'est i sud de l'arxipèlag. Salvador (1976) esmentava un cas de canibalisme a Cabrera Gran i el consum de la cua d'un conespecífic a na Foradada. El canibalisme és relativament freqüent en nombroses poblacions insulars del gènere *Podarcis* (Pérez-Cembranos *et al.*, 2015 i referències incloses).

També és notable la similitud de les dietes de sa Conillera i l'Estell Xapat, malgrat les diferències d'extensió i condicions ecològiques d'aquests dos illots. Aquest fet es deu, aparentment, a l'ampli repartiment de la dieta en nombrosos tipus de presa, també reflectit en el volum consumit. De la mateixa manera, la dominància en freqüència de *Formicidae* i *Isopoda* en volum, apropen les dietes de l'illa des Fonoll i de na Plana, dues illes de condicions molt diferents. Una cosa semblant passa amb l'Imperial i l'Esponja, amb un predomini de coleòpters, tant en freqüència com en volum.

El consum de matèria vegetal, tant en forma de llavors, com d'altres parts de la planta, incloses les flors, el pol·len i el nèctar, és comú a totes les poblacions de sargantanes de Cabrera. En alguns casos, com el de l'illot de ses Bledes, el consum de vegetals és gairebé universal, amb més del 90% dels excrements amb elements vegetals que suposen més del 66% el volum d'aquests. És interessant assenyalar que a ses Bledes s'observa una de les diversitats més baixa de la dieta animal, dominada per les formigues. A l'altre extrem trobam poblacions com na Redona, l'illa de ses Rates o na Foradada, a les quals les preses animals tenen major importància. De fet, hi ha una correlació negativa i estadísticament significativa entre la diversitat de la dieta animal, estimada com amplitud de nínxol de Levins B (Levins, 1968) i el % d'excrements amb presència de material vegetal (correlació no paramètrica de Spearman, $\sigma = -0,57$, $p = 0,045$) i una correlació marginalment significativa entre el % en volum de matèria vegetal i la diversitat ($\sigma = -0,54$, $p = 0,058$).

Els resultats aquí exposats ens indiquen que les poblacions que viuen a illes de major o menor extensió i amb ofertes molt diverses d'espècies vegetals, consumeixen matèria vegetal de manera extremadament variable, de manera que no existeix cap relació significativa entre el nombre d'espècies de plantes vasculars d'un illot i el consum de material vegetal ($\sigma = 0,19$, $p = 0,56$), o entre la superfície de l'illa i el % en volum de matèria vegetal consumida ($\sigma = 0,09$, $p = 0,78$) o el % d'excrements amb matèria vegetal ($\sigma = 0,104$, $p = 0,74$).

CÀRREGA PARASITÀRIA, ESTAT DE CONDICIÓ I DENSITAT

Un dels aspectes de la història natural de les sargantanes de Cabrera estudiat en els darrers anys és el de la seva càrrega parasitària sanguínia. Els paràsits interactuen de formes complexes amb els seus hostes. En els rèptils insulars aquestes interaccions són poc conegudes i, particularment a Cabrera, no es disposa d'informació prèvia. És probable que les interaccions vagin des de relacions amb efectes no detectables, com passa en algunes formes de comensalisme, fins a efectes altament negatius per als hostes (Pough *et al.*, 2004). D'una manera o altra, els paràsits suposen un drenatge d'energia dels seus hostes que tendeix a reduir la seva aptitud biològica, tant en termes de creixement com de fecunditat (Pough *et al.* 2004). El nostre coneixement sobre els efectes reals dels paràsits sanguinis en condicions de llibertat és molt fragmentari i, pràcticament, es redueix al que sabem dels efectes de protozous del gènere *Plasmodium* sobre diverses espècies de rèptils hostes (Schall i Sarni, 1987). En alguns casos, com el d'*Anolis limifrons* de Panamà, aparentment no hi ha efectes detectables dels endoparàsits sanguinis en el creixement o les probabilitats de supervivència (Rand *et al.* 1983). De fet, les hemogregarinas, principals paràsits sanguinis en els lacèrtids, poden romandre al llarg d'anys amb taxes d'infestació similars en els seus hostes (Sorci, 1995).

Quant als factors que poden influir sobre les probabilitats d'infestació parasitària, Svahn (1974) apunta que la densitat de sargantanes pot ser important, tot i que el factor decisiu seria la densitat dels hostes intermedis. En els treballs duts a terme amb *Tiliqua rugosa*, s'ha observat a més una disminució de la parasitació per *Hemolivia mariae* dels adults respecte als juvenils, a l'igual que disminueix la infestació de les femelles respecte a l'observada en els mascles (Smallridge i Bull, 2000). També en *T. rugosa* es va observar que la parasitació amb *H. mariae* estava íntimament

relacionada amb una pitjor condició corporal (Smallridge i Bull, 2000). Per fi, a la sargantana roquera, *Podarcis muralis*, s'ha demostrat l'existència d'una correlació positiva entre la càrrega parasitària i la massa corporal (Amo *et al.* 2005).

A Cabrera hem analitzat la intensitat de parasitació i la prevalença dels paràsits sanguinis que pertanyen a la família Haemogregarinidae en el seu conjunt. Particularment, els dos paràsits més freqüentment citats en el cas dels lacèrtids pertanyen als gèneres *Karyolysus* i *Haemogregarina*, basant-se només en els gametòcits, ja que tots dos apareixen en les hematies i són molt semblants. Les hemogregarinas (família Haemogregarinidae, veure Barnard i Upton, 1994) tenen un cicle vital indirecte a l'implicar hostes invertebrats i vertebrats com llangardaixos, serps o granotes (Smith *et al.* 1994; Caudell *et al.* 2002; Amo *et al.* 2004). A l'ésser ingerides per les sargantanes, les nimfes infectades que s'estaven alimentant sobre l'hoste intermedi, penetren en els rèptils, s'alliberen els esporozoïts vermiformes dels esporocists per l'acció dels suc digestius i es fan molt actius, que penetren a la paret intestinal i passen als vasos limfàtics i sanguinis. Al voltant de 42 dies després de la infecció de les sargantanes pels àcars infectats (els hostes intermedis), apareixen en els eritròcits els merozoïts (Olsen, 1977).

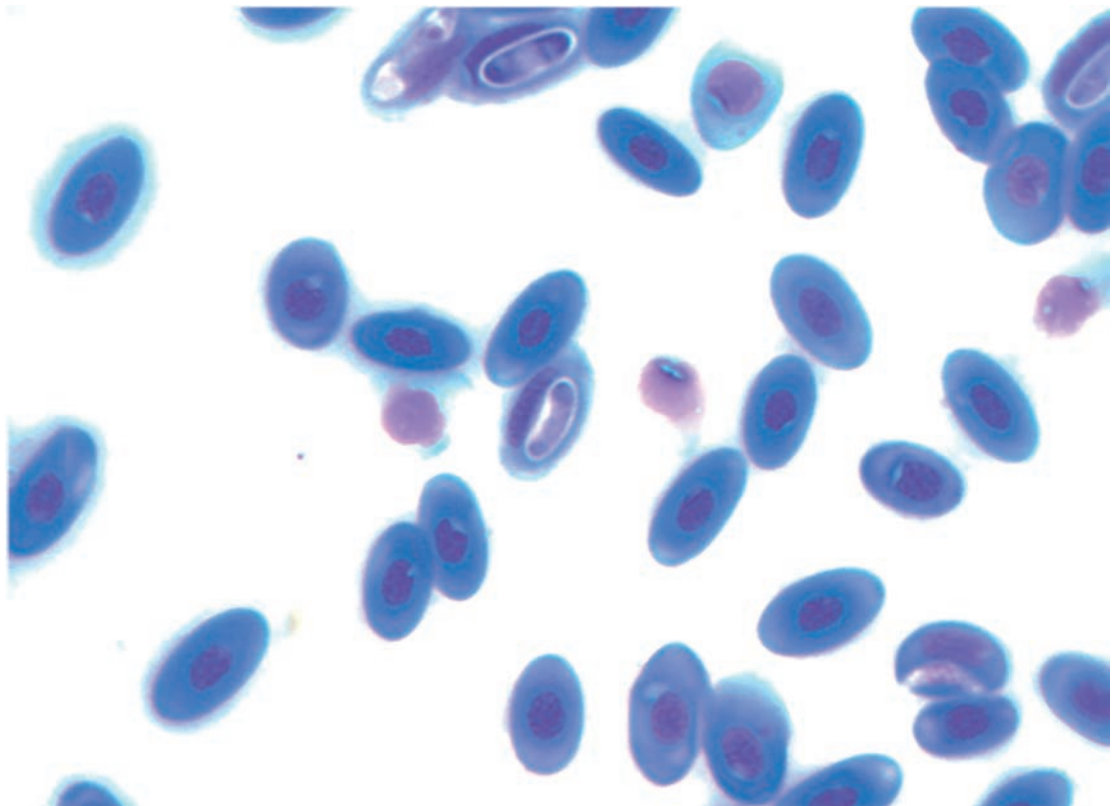


Figura 13. Eritròcits de *Podarcis lilfordi kuligae* de Cabrera Gran. Al centre i la part superior s'observen cèl·lules parasitades per hemogregarinas que apareixen amb tonalitats blanquinoses refringents i que ocupen gran part del volum cel·lular.

Dels 159 exemplars estudiats a Cabrera, el 93,08% estaven infectats per hemogregarinas. A Cabrera, la prevalença 0, és a dir, la completa absència de parasitació sanguínia, és molt baixa, de manera que només hi és esporàdicament en individus menors de 60 mm d'LCC. Així, els 11 individus de Cabrera exempts de paràsits sanguinis tenien una mida corporal significativament menor que els 148 restants (ANOVA d'una via, $F_{1,152} = 5,1165$, $p = 0,0251$, individus no parasitats: mitjana de LCC = $61,68 \pm 2,4$ mm, $n = 11$; individus parasitats: mitjana = $67,32 \pm 0,66$ mm, $n = 143$). Observem l'existència de diferències estadísticament significatives pel que fa a la prevalença en les diferents poblacions i illots ($\chi^2 = 28,59$, $p = 0,026$). Així mateix, la intensitat d'infestació

parasitària és significativament diferent en les diferents poblacions de Cabrera analitzades ($\chi^2=32,82$, $p = 0.0078$, veure taula IV). Aquestes diferències entre poblacions poden ser degudes a processos estocàstics, però també poden ser el reflex d'estructures demogràfiques diferents en cada població, densitats diferents de les sargantanes hostes o de l'estructura genètica de la població (Godfrey *et al.*, 2006).

Taula IV. Resultats globals de l'anàlisi parasitològic de *Podarcis lilfordi*. Per a cada illot o població es mostra el nombre d'individus estudiats (N), la prevalença, en termes de percentatge d'individus parasitats i la intensitat, com a percentatge de cèl·lules infectades.

Población	N	Prevalencia	Intensidad
Pabellón (Cabrera Gran)	14	100	0,5626
Ansiola (Cabrera Gran)	13	90	0,5153
La Miranda (Cabrera Gran)	15	80	0,5758
Conills	8	100	1,5887
s'Esclatasang	9	66,67	0,8878
Esonja	3	100	0,4690
Estell de Fora	3	100	0,5047
Estell des Coll	8	69,23	0,7154
Fonoll	10	100	0,6452
Imperial	10	100	1,1353
Na Foradada	8	100	1,1232
Na Redona	11	100	2,13322
Na Plana	10	100	1,4966
Na Pobra	9	100	1,0397
Ses Bledes	10	80	0,3632
Ses Rates	8	100	1,6295
Xapat gros	10	100	0,5976

El 88,14% de les femelles i el 96,0% dels mascles estaven parasitats, de manera que només hi ha diferències estadísticament marginals pel que fa a la càrrega parasitària dels dos sexes (test de la G, $G = 3,417$, $p = 0,065$). De qualsevol manera, si analitzam per separat ambdós sexes l'efecte del mida corporal sobre la càrrega parasitària, observam que no hi ha un efecte estadísticament significatiu en el cas dels mascles (regressió logística, $G^2 = 0,3306$, $p = 0,5653$, $n = 96$, $R^2(U) = 0,0099$), però aquest efecte de la mida corporal sí és detectable en el cas de les femelles ($G^2 = 4,596$, $p = 0,032$, $n = 58$, $R^2(U) = 0,1076$). A més, a Cabrera el percentatge de cèl·lules parasitades és similar en els dos sexes (prova de Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 2,3077$, $p = 0,1287$). Tampoc hem observat que hi hagi diferències en la intensitat de parasitació de juvenils i adults (ANOVA d'una via de Welch, $F_{1,157} = 0,2803$, $p = 0,6025$).

La major prevalença en els mascles pot estar relacionada amb la seva agressiva conducta a les poblacions d'elevada densitat. A Cabrera, les observacions d'interaccions agressives entre mascles són freqüents i és habitual que durant aquestes els mascles mosseguin la cua del seu oponent, produint-se, fins i tot, l'autotomia caudal (Pérez-Mellado *et al.* 1997). En aquests casos, s'ha observat fins i tot el consum de la cua autotomitzada per part de l'oponent (Salvador, 1986). Aquesta conducta pot incrementar les probabilitats de transmissió de paràsits sanguinis entre els mascles, tal com s'ha demostrat en els llangardaixos de Gran Canària, *Gallotia stehlini* (Matuschka i Bannert, 1989). Per si això fos poc, els elevats nivells d'agressivitat intraespecífica estan intervinguts per alts nivells de testosterona, que posseeix un net efecte depressor en el sistema immune dels mascles, i que incrementen les seves probabilitats d'infestació parasitària (Roberts *et al.* 2004; Amo *et al.* 2005).

L'estat de condició dels individus, estimat a través de la relació entre el cub de la mida corporal i el pes, o bé a través dels residuals de la regressió del pes respecte a la mida corporal, pot tenir una influència significativa sobre la susceptibilitat a la parasitació. Al mateix temps, la càrrega parasitària pot influir sobre la condició dels individus. Hem trobat diferències estadísticament significatives entre la condició de mascles i femelles (ANOVA d'una via, $F_{1,151} = 7,0775$, $p = 0,0086$, condició dels mascles: mitjana = $0,000029 \pm 5,48 \times 10^{-7}$, $n = 96$; femelles: mitjana = $0,000026 \pm 7,11 \times 10^{-7}$, $n = 57$). No obstant això, a Cabrera no hem trobat cap relació entre l'estat de condició dels individus i la càrrega parasitària (regressió logística en els mascles: $G^2 = 1,7591$, $p = 0,1847$, $R^2(U) = 0,0529$, $n = 96$; en femelles: $G^2 = 0,2022$, $p = 0,6529$, $R^2(U) = 0,0048$, $n = 57$). Obtenim idèntics resultats si analitzem els residuals del pes en relació amb la prevalença parasitària (mascles: $G^2 = 2,8917$, $p = 0,089$, $R^2(U) = 0,0872$; femelles: $G^2 = 1,483$, $p = 0,22$, $R^2(U) = 0,0351$). En definitiva, a les sargantanes de Cabrera hi ha una molt elevada prevalença parasitària sanguínia. No obstant això, aquesta prevalença està unida a un nombre reduït de cèl·lules infectades, de manera que la presència de paràsits no sembla tenir un efecte negatiu detectable sobre l'estat de condició dels individus.

En un estudi conjunt de la càrrega parasitària de 35 poblacions de *P. lilfordi*, incloses les poblacions de Cabrera aquí estudiades, hem trobat una correlació estadísticament significativa entre la densitat de sargantanes i la prevalença parasitària (regressió logística, $G^2 = 7,6538$, $p = 0,0055$, $n = 35$ i $R^2(U) = 0,3738$). S'obtenen similars resultats amb una correlació no paramètrica de Spearman ($R_s = 0,38$, $p = 0,023$). Si analitzem l'ajust de la prevalença i la densitat, transformant aquesta última variable com \log_{10} de la densitat, la corba d'ajust de les dues variables respon a l'equació: prevalença = $17,37 + 10,10 \log_{10}(\text{Densitat})$. De manera que l'ANOVA de la regressió construïda ens indica que el model ofereix un ajust estadísticament significatiu (ANOVA d'una via, $F_{1,33} = 10,5973$, $p = 0,0026$, veure Fig. 14), encara que només un 24% de la variació al voltant de la mitjana és realment explicada pel model ($R^2 = 0,24$). De qualsevol manera, aquest ha estat l'ajust millor entre els que s'han assajat.

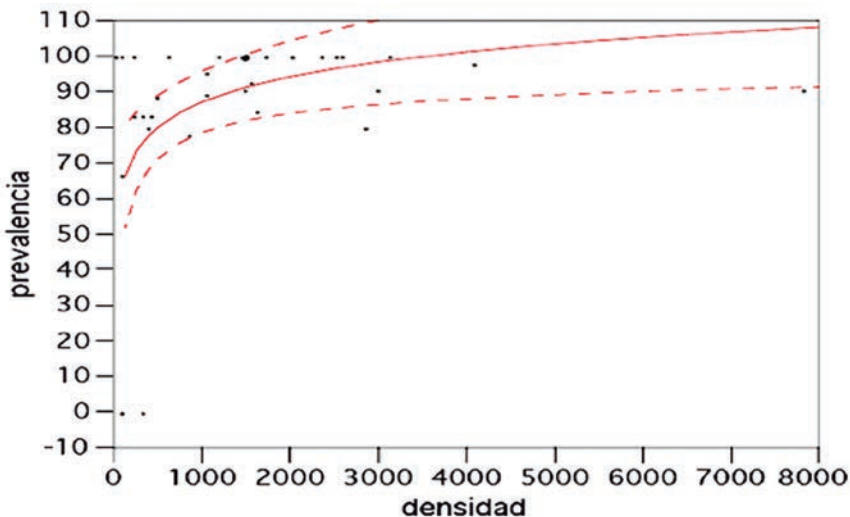


Figura 14. Ajust curvilíni de la prevalença parasitària a la densitat de sargantanes a 35 poblacions de *Podarcis lilfordi* (les línies de punts indiquen els límits de confiança al 95% de la corba de regressió). La densitat s'expressa en individus/hectàrea.

La densitat de la població de sargantanes sembla revelar-se com un factor important per explicar la prevalença parasitària. Møller *et al.* (1993), van proposar que la vida en grups incrementaria les probabilitats d'infecció per paràsits. En el cas de les sargantanes balears que habiten Cabrera, no tenim evidències d'una organització en grups socialment cohesionats, però la densitat de població és molt elevada en nombrosos enclavaments (Pérez-Mellado *et al.* 2008) el que podria actuar com a promotor d'unes majors probabilitats d'infecció, especialment en el cas de vectors intermedis que

són ectoparàsits d'escassa mobilitat, com els àcars (Godfrey *et al.* 2006). De fet, hi ha nombroses evidències experimentals que recolzen que els individus dels grups més nombrosos adquireixen majors càrregues parasitàries (Cote i Poulin, 1995; Møller *et al.* 1993). Aquesta pot ser la raó de la major càrrega parasitària detectada en els illots de major densitat.

EL PAPER DELS DEPRADADORS EN LA SUPERVIVÈNCIA I ECOLOGIA

A Cabrera s'ha assenyalat la captura esporàdica de sargantanes per part del Falcó d'Eleonor, *Falco eleonora* (Salvador, 1986; Pérez-Mellado, 1998) i de manera més freqüent per part dels xoriguers, *Falco tinnunculus* (Araújo *et al.* 1977; Suárez, 2000), si bé en aquest cas, es tracta d'un depredador poc rellevant, per la seva escassetat a l'arxipèlag (Amengual, 1994).

Els gats assilvestrats, *Felis catus* i les genetes, *Genetta genetta*, són depredadors habituals de la sargantana a Cabrera Gran i, en menor mesura, també poden ser capturades pels eriçons moruns, *Atelerix algirus* (Alcover, 1982, 1984, 1993). També s'han assenyalat casos puntuals de depredació per part del dragó comú, *Tarentola mauritanica* (Salvador, 1978, 1993).

Al juny de 2004 varem estudiar una mostra de 128 excrements de geneta amb 341 preses identificades, procedents del camí de la serra de ses Figueres, es Celler, el far de Ansiola i la pineda del Canal Llarg. Així mateix, es van estudiar 38 excrements de gats assilvestrats de la zona de na Miranda i de la badia, amb 125 preses identificades. Com es pot observar a la Fig. 15, la sargantana és una presa rellevant, però secundària per a la geneta, mentre que posseeix una importància notablement més gran en la dieta dels gats assilvestrats (Fig. 16), que semblen tenir un espectre de preses més reduït a Cabrera Gran.

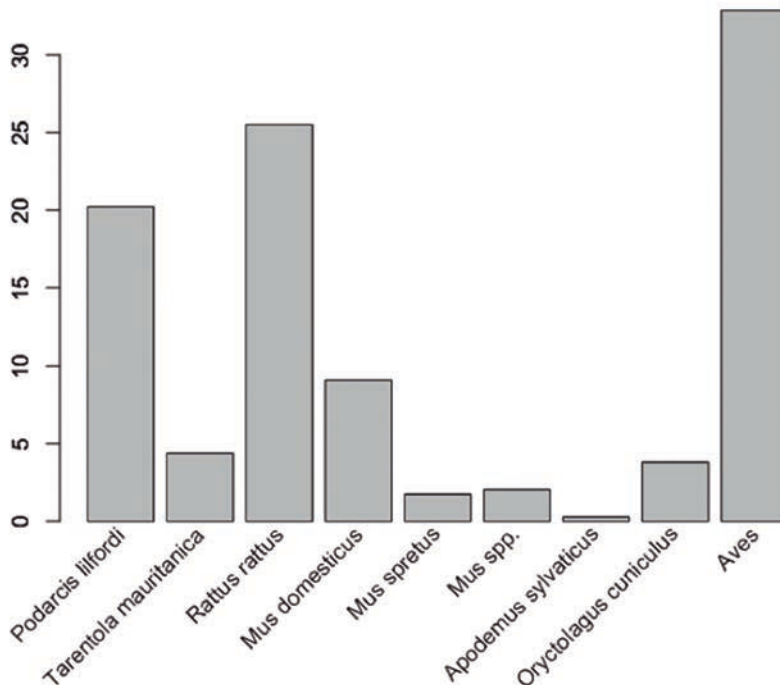


Figura 15. Dieta de *Genetta genetta* a Cabrera Gran. Percentatge de cada tipus de presa (any 2004).

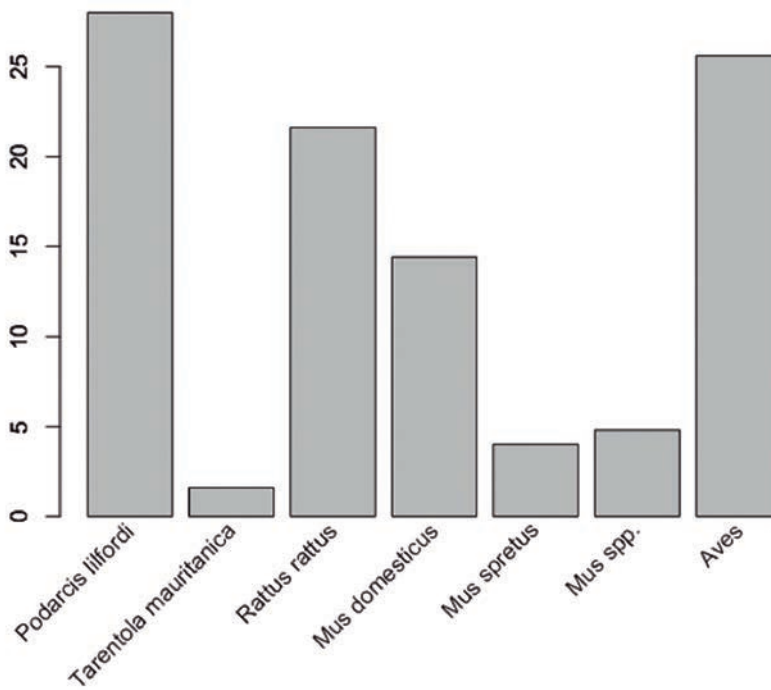


Figura 16. Dieta de *Felis catus* assilvestrats a Cabrera gran. Percentatge de cada tipus de presa (any 2004, veure més detalls en el text). Cal observar que la sargantana balear és la presa majoritària en la mostra d'excrements analitzada.

ESTAT DE CONSERVACIÓ

Tot i l'estricta protecció de la sargantana balear per part de la legislació estatal i autonòmica (Pérez-Mellado, 2002, Mayol i Pérez-Mellado, 2006) i la seva inclusió dins el Conveni de Washington (CITES) juntament amb altres dos lacèrtids, *Podarcis pityusensis* i *Gallotia simonyi* (Pérez-Mellado, 2004), els factors d'amenaça de les sargantanes de Cabrera són molt variats, depenen de cada població i han anat canviant al llarg dels últims 150 anys (Pérez-Mellado, 2009). Les rates negres, *Rattus rattus*, han colonitzat alguns illots de Cabrera i estan avui dia presents al menys a Cabrera Gran. S'ha sostingut amb freqüència que les rates poden depredar sobre les sargantanes insulars, però hi ha poques evidències empíriques que recolzin aquesta afirmació. De fet, en el conjunt balear de poblacions de *P. lilfordi* s'ha demostrat que les poblacions menys denses no són aquelles que alberguen rates negres, sinó més aviat aquelles en què es van escometre plans de desratització, potser com a conseqüència de l'efecte indirecte dels raticides empleats sobre les pròpies sargantanes (Pérez-Mellado *et al.*, 2008). Sense cap dubte, tal com succeeix a la resta de poblacions de les dues espècies endèmiques de sargantanes de les Illes Balears, la mesura de protecció més eficaç és la completa prohibició de desembarcament en els illots, mesura que manté les condicions ecològiques úniques de cada un dels enclavaments (Pérez-Mellado, 2009). A Cabrera s'han dut a terme programes de control de les poblacions de geneteta, *Genetta genetta* i de moixos assilvestrats a Cabrera Gran i s'exerceix una particular atenció per evitar la introducció de depredadors o competidors al·lòctons a partir de Mallorca. Aquesta vigilància és essencial també per a tots els illots costaners.

METODOLOGIA

En aquest apartat incloem alguns aspectes metodològics de l'anàlisi morfològica i de l'estudi de la dieta. La resta de metodologies emprades en els diferents apartats són ben conegudes i han estat àmpliament descrites en altres treballs.

ANÀLISIS MORFOLÒGIQUES

En l'anàlisi s'han inclòs cinc mesures corporals (totes elles es presenten en mm): la longitud capcos (LCC), longitud de la pili (LP), amplada de la coroneta (AP), altura del cap (AC) i longitud de la pota posterior esquerra (LMP). Així mateix, hem inclòs sis caràcters de folidosis o escates, habitualment emprats en estudis herpetològics: gularia, collaria, dorsalia, femoralia, ventralia i lamellae (veure detalls metodològics sobre el recompte d'escates en els estudis de folidosis a Pérez-Mellado i Gosa, 1988 i en la Taula V).

Taula V. Caràcters morfomètrics i de folidosis estudiats. Lamellae (nombre de laminetes subdigitales sota el quart dit de la pota posterior esquerra), Femoralia (nombre de porus femorals a la cuixa esquerra), Gularia (nombre d'escates gulars en una línia recta des del collar fins a la simfisi de les escates submaxil·lars), Dorsalia (nombre d'escates dorsals en una línia perpendicular a l'eix longitudinal corporal, la darrera escata ventral d'una banda, fins a la primera escata ventral de la banda oposada), Ventralia (nombre de files transversals d'escates ventrals en les quals es mantenen sis files longitudinals), Collaria (nombre d'escates del collar). Per a cada variable i sexe es presenten la mitjana aritmètica \pm ES (error estàndard), el recorregut de la variable (mínim-màxim) i el nombre d'individus estudiats.

Sexe	Mascles			Femelles		
	Mitjana \pm ES	Recorregut	n	Mitjana \pm ES	Recorregut	n
LCC	70,45 \pm 0,23	57,4-83,00	443	62,91 \pm 0,28	47,00-77,50	304
LP	17,41 \pm 0,06	10,20-20,46	276	14,71 \pm 0,07	12,39-19,00	214
AC	8,77 \pm 0,06	6,41-11,50	276	7,09 \pm 0,04	5,26-9,02	216
AP	8,20 \pm 0,04	5,70-11,68	289	6,82 \pm 0,04	5,58-9,32	220
LMP	37,07 \pm 0,17	30,26-45,00	265	32,08 \pm 0,19	26,44-39,99	212
Lamellae	30,59 \pm 0,14	24-39	223	30,43 \pm 0,15	25-37	198
Femoralia	21,41 \pm 0,12	14-26	254	20,90 \pm 0,14	15-27	204
Gularia	30,48 \pm 0,20	22-44	243	30,28 \pm 0,18	24-38	201
Dorsalia	76,15 \pm 0,38	64-99	212	74,11 \pm 0,34	60-92	182
Ventralia	22,12 \pm 0,09	18-28	242	23,80 \pm 0,11	20-28	202
Collaria	11,49 \pm 0,08	8-16	241	11,38 \pm 0,09	8-15	201

Hem comparat les poblacions de Cabrera emprant per a això una anàlisi d'escalament multidimensional (non-metric multidimensional scaling, NMDS) amb un protocol similar a l'emprat en altres poblacions de sargantanes de les Balears (veure més detalls en Pérez-Mellado *et al.*, 2017). Les matrius de dissimilitud de distàncies euclidianes s'han construït separatament per a mascles i femelles adults, emprant les mitjanes dels valors log-transformats dels 11 caràcters morfològics i de folidosis analitzats. Hem dut a terme els NMDS per mitjà de la funció metaMDS de el paquet *vegan* a l'entorn R (Oksanen *et al.*, 2015). La qualitat de la configuració obtinguda respecte a les dades originals s'ha estimat en base al valor final d'estres (Zuur *et al.*, 2007). En el cas dels mascles adults, el valor final d'estres fou de 0,045, que indica una configuració excel·lent, mentre que a les femelles obtinguérem un valor de 0,07, que indica una bona configuració (Zuur *et al.*, 2007).

ANÀLISI DE LA DIETA

A partir de les dades obtingudes, es van calcular la freqüència de cada presa, el percentatge de contribució de cada presa que fa al nombre total de preses, la presència (nombre d'excrements en els quals apareix un tipus de presa) i el percentatge de presència. Les diferències de dieta entre poblacions han estat analitzades per mitjà de la funció adonis, una anàlisi multivariant de la variància no paramètrica, del paquet *vegan*, en l'entorn R. A més, l'homogeneïtat multivariant de les dietes entre poblacions va ser estudiada per mitjà de la funció *betadisper* de *vegan* (Oksanen *et al.*, 2015). Hem comparat la diversitat de la dieta mitjançant els mètodes proposats per Pallmann (2012), que utilitza diversitats veritables per mitjà dels denominats números de Hill (Hill, 1973).

AGRAÏMENTS

La Direcció, tècnics, guarderia i patrons de el Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'arxipèlag de Cabrera ens van donar suport de múltiples formes en els nombrosos viatges duts a terme pels autors al llarg dels últims quinze anys. José Àngel Hernández Estévez va col·laborar eficaçment en l'anàlisi d'excrements de moixos i genetes de Cabrera i Antonio Domínguez Azabal en l'anàlisi de la càrrega parasitària sanguínia. Aquest treball s'ha pogut dur a terme gràcies al finançament del projecte CGL2015-68139-C2-2-P, Dinàmica de la variació genètica i resposta adaptativa a les *Podarcis* insulars, Projectes d'R+D del Programa Estatal de Foment de la Investigació Científica i Tècnica d'Excel·lència, Subprograma Estatal de Generació del Coneixement, de la Direcció General d'Investigació Científica i Tècnica del Ministeri d'Economia i Competitivitat. Encarna Sáez va enviar fa anys a un dels autors (VPM) el seu excel·lent informe inèdit sobre densitats en les poblacions de l'arxipèlag, que hem inclòs en l'apartat corresponent.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A. 1982. On the differential diet of Carnivora in islands: a method for analysing it and a particular case. *Doñana Acta Vertebrata*, 9: 321-339.
- Alcover, J.A. 1984. Über die Nahrung der Ginsterkatze *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758) auf den Inseln Mallorca, Ibiza und Cabrera. *Säugetierk. Mitt.*, 31: 189-195.
- Alcover, J.A. 1993. XXX. Els mamífers: un repete de biologia de la conservació. In: Alcover, J. A., Ballesteros, E., Fornos, J. J. (eds.), *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears, 2. CSIC-Editorial Moll, Palma de Mallorca, 457-471.
- Amengual, J. 1994. Las rapaces del Parque Nacional de Cabrera. In: Muntaner, J. y Mayol, J. (eds.), *Biología y Conservación de las Rapaces Mediterráneas*. Monografías, nº 4. SEO, Madrid, 311-315.
- Amo L., López P., i Martín, J. 2004. Prevalence and intensity of Haemogregarinid blood parasites in a population of the Iberian Rock Lizard, *Lacerta monticola*. *Parasitol. Res.*, 94:290-293.
- Amo, L., López, P. i Martín, J. 2005a. Prevalence and intensity of hamogregarien blood parasites and their mite vectors in the common wall lizard, *Podarcis muralis*. *Parasitol. Res.*, 96: 378-381.
- Amo, L, Fargallo, J.A., Martín-Padilla, J., Millán, J., López, P. i Martín, J. 2005b. Prevalence and intensity of blood and intestinal parasites in a field population of a Mediterranean lizard, *Lacerta lepida*. *Parasitol. Res.*, 96: 413-417.
- Araújo, J., Muñoz-Cobo, J. i Purroy, F.J.1977. Las rapaces y aves marinas del archipiélago de Cabrera. *Naturalia Hispanica*, 12: 1-91.
- Barnard S.M. i Upton S.J. 1994. *A veterinary guide to the parasites of reptiles*, volumen 1, Protozoa. Krieger, Malabar, 154 pp.
- Bauwens, D. i Castilla, A.M. 1998. Ontogenetic, Sexual, and Microgeographic Variation in Color Pattern within a Population of the Lizard *Podarcis lilfordi*. *J. Herpet.*, 32(4): 586-588.
- Brown, R.P, Terrasa, B., Pérez-Mellado, V., Castro, J.A., Hoskisson, P.A., Picornell, A. i Ramon, M.M. 2008. Bayesian estimation of Post-Messinian Divergence Times in Balearic Island lizards. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48: 350-358.
- Buades J.M., Rodriguez V., Terrasa B., Pérez-Mellado V., Brown R.P, Castro J.A., Picornell A. i Ramon M.M. 2013. Variability of the MC1R gene in melanic and non-melanic *Podarcis lilfordi* and *Podarcis pityusensis* from the Balearic Archipelago. *PlosOne*, 8(1): 1-9.
- Castilla, A.M. 1999. *Podarcis lilfordi* from the Balearic Islands as a potential disperser of the rare Mediterranean plant *Withania frutescens*. *Acta Oecol.*, 20: 103-107.
- Castilla, A.M. 2000. Does passage time through lizard (*Podarcis lilfordi*) guts affect germination performance of the plant *Withania frutescens*? *Acta Oecol.*, 21: 119-124.

- Castilla, A.M. 2009. The lizard *Podarcis lilfordi* as a potential disperser of the Solanaceae plant *Lycopersicon esculentum*: Can legitimate dispersers indirectly promote plant invasions? *Munibe (Ciencias Naturales- Natur Zientziak)*, 57: 185-194.
- Castilla, A.M. i Bauwens, D. 2000. Reproductive characteristics of the Island Lacertid Lizard *Podarcis lilfordi*. *J. Herpet.*, 34(3): 390-396.
- Caudell, J.N., Whittier, J. i Conover, M.R. 2002. The effects of haemogregarine-like parasites on brown tree snakes (*Boiga irregularis*) and slatey-grey snakes (*Stegonotus cucullatus*) in Queensland, Australia. *Int. Biodet. Biodegrad.*, 49:113-119.
- Cote, S.M. i Poulin, E.A. 1995. Parasitism and group size in social animals: a meta-analysis. *Behav. Ecol.*, 6:159-165.
- Eisentraut, M. 1949. Das Fehlen endemischer und das Auftreten landfremder Eidechsen auf den beiden Hauptinseln der Balearen, Mallorca und Menorca. *Zool. Beitr.*, 1: 3-11.
- Eisentraut, M. 1949. Die Eidechsen der Spanischen Mittelmeerinseln und ihre Rassenaufspaltung im Lichte der Evolution. *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, 26: 1-225.
- Godfrey, S.S., Bull, C.M., Murray, K. i Gardner, M.G. 2006. Transmission mode and distribution of parasites among groups of the social *Egernia stokesii*. *Parasitol. Res.*, 99: 223-230.
- Haig, S.M., Beever, E.A., Chambers, S.M., Draheim, H.M., Dugger, B.D., Dunham, S., Elliot-Smith, F., Fontaine, J.B., Kesler, D.C., Knaus, B.J., Lopes, I.F., Loschl, P., Mullins, T.D. i Sheffield, L.M. 2006. Taxonomic considerations in listing subspecies under the US Endangered Species Act. *Cons. Biol.*, 20: 1584-1594.
- Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A. Sun, Y. i Sambridge, M. 2014. Sea level and global ice volumes from the last glacial maximum to the Holocene. *PNAS*, 111(43): 15296-15303.
- Martín, J., López, P., Garrido, M., Pérez-Cembranos, A. i Pérez-Mellado, V. 2013. Inter-island variation in femoral secretions of the Balearic lizard, *Podarcis lilfordi* (Lacertidae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 50- 121-128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2013.03.044>.
- Martínez-Rica, J.P. y Castilla, A.M. 1987. E) Anfibios i Reptiles. Informe sobre el impacto de las maniobras militares sobre la fauna herpetológica del archipiélago de Cabrera. In: Tortosa, E. (coord.), *El medio físico y biológico en el Archipiélago de Cabrera. Valoración ecológica e impacto de las maniobras militares*. Ministerio de Defensa-CSIC, 111-119.
- Matuschka, F.R. i Bannert, B. 1989. Recognition of cyclic transmission of *Sarcocystis stehlinii* N. Sp. in the Gran Canarian giant lizard. *J. Parasit.*, 75: 383-387.
- Mayol, J. i Pérez-Mellado, V. 2006. Sargantana de les Balears. *Bioatles*. Servei de Protecció d'Espècies. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears.
- Mayr, E. 1963. *Animal species and evolution*. Cambridge, MA. Harvard University Press, 797 pp.
- Møller, A.P., Dufva, R. i Allander, K. 1993. Parasites and the evolution of host social behavior. *Adv. Study Behav.*, 22:65-102.
- Müller, L. 1927. Beitrag zur Kenntnis der Rassen von *Lacerta lilfordi* Gthr. *Zool. Anz.*, 73: 257-269.
- Mousseau, T. i Sikes D.S. 2011. Almost but not quite a subspecies: A case of genetic but not morphological diagnosability in *Nicrophorus* (Coleoptera: Silphidae). *Biol. J. Linn. Soc.*, 102: 311-333.
- O'Brien, S. J. i Mayr, E. 1991. Bureaucratic mischief: recognizing endangered species and subspecies. *Science*: 251: 1187-1188.
- Oksanen J., Guillaume Blanchet F., Kindt R., Legendre O., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H. i Wagner H. 2015. *Community Ecology Package*. R package version 2.2-1. Disponible en: <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan> 2015.
- Olsen, O.W. 1977. *Parasitologia animal*. Editorial Aedos, Barcelona, 719 pp.
- Patten, M.A. 2015. Subspecies and the philosophy of science. *The Auk*: 132: 481-485. DOI: 10.1642/AUK-15-1.1.
- Pérez i de Lanuza, G. i Font, E. 2010. Lizard blues: blue body colouration and ultraviolet polychromatism in lacertids. *Rev. Esp. Herpet.*, 24: 67-84.
- Pérez-Mellado, V. 1998. *Podarcis lilfordi* (Günther, 1874). In: *Reptiles*. Salvador, A. (Coordinador), 1998. Fauna Ibérica, vol. 10. Ramos, M.A. et al. (eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid, 272-282.
- Pérez-Mellado, V. 2002a. *Podarcis lilfordi* (Günther, 1874). Lagartija balear. In: Pleguezuelos et al. (eds.), *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, 248-250.
- Pérez-Mellado, V. 2002. Balears. En: Capítol VII, Anàlisi regional de la herpetofauna espanyola. In: Pleguezuelos et al. (eds.), *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, 468.
- Pérez-Mellado, V. 2004. *Podarcis lilfordi*. *Convenio sobre Comercio Internacional de especies amenazadas de fauna y flora. Manual de identificación*. Apéndice II, Código A- 303.011.021.005, Volumen 3: Reptiles, Anfibios y Peces. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Pérez-Mellado, V. 2006. *Las lagartijas de las Islas Baleares*. Col·lecció 3. Galeria Balear d'Espècies. Perifèrics. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears, Palma de Mallorca, 96 pp.
- Pérez-Mellado, V. 2009. *Les sargantanes de les Balears*. Quaderns de Natura de les Balears. Edicions Documenta Balear, Palma de Mallorca, 96 pp.
- Pérez-Mellado V. i Gosá A. 1988. Biometría y Folidosis en Lacertidae (Sauria, Reptilia). Algunos aspectos metodológicos. *Rev. Esp. Herpet.* 3(1):97-104.

- Pérez-Mellado V. i Salvador A. 1988. The Balearic Lizard, *Podarcis lilfordi* (GUNTHER, 1874) of Menorca. *Arq. Mus. Bocage. Nova Serie.* 1(10):127-195.
- Pérez-Mellado, V. y Corti, C. 1993. Dietary adaptations and herbivory in lacertid lizards of the genus *Podarcis* from western Mediterranean islands (Reptilia: Sauria). *Bonn. Zool. Beitr.*, 44(3-4): 193-220.
- Pérez-Mellado, V., Corti, C. i Lo Cascio, P. 1997. Tail autotomy and extinction in Mediterranean lizards. A preliminary study of continental and insular populations. *J. Zool.*, 243 (3): 533-541.
- Pérez-Mellado, V. i Traveset, A. 1999. Relationships between plants and Mediterranean lizards. *Natura Croatica* 8(3): 275-285.
- Pérez-Mellado, V., Corti, C. i Vidal Hernández, J.M. 2008a. Herpetological explorations of the Balearic Islands during the last two centuries. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 59, supplement 1, nº. 6: 85-109.
- Pérez-Mellado, V., Hernández-Estévez, J.A., García-Díez T., Terrasa B., Ramón M.M., Castro J.A., Picornell A., Martín-Vallejo, F. J. i Brown R.P. 2008b. Population density in *Podarcis lilfordi* (Squamata, Lacertidae), a lizard species endemic to small islets in the Balearic Islands (Spain). *Amphibia-Reptilia*, 29: 49-60.
- Pérez-Mellado, V. i Pérez-Cembranos, A. (en prensa). The lizards from the Balearic Islands. A case study of the insular Mediterranean fauna. In: *Herpetofaunas of the Mediterranean Islands*. California Academy of Sciences. USA.
- Petitpierre, E., Arranz, M.J., Terrasa, B. i Ramon, M.M. 1987. Population genetics of western mediterranean insular lizards. *Genét. Ibér.* 39: 453-471.
- Phillimore, A.B. i Owens, I.P.F. 2006. Are subspecies useful in evolutionary and conservation biology? *Proc. R. Soc. B.*, 273: 1049-1053.
- Pough, F.H., Andrews, R.M., Cadle, J.E., Crump, M.L., Savitzky, A.H. i Wells, K.D. 2004. *Herpetology*. Pearson, Prentice Hall, 3ª edició, Upper Saddle River, 726 pp.
- Rand, A.S., Guerrero, S. i Andrews, R.M. 1983. The ecological effects of malaria in populations of the lizard *Anolis limifrons* on Barro Colorado Island, Panamá. In: Rhodin, A.G.J. y Miyata, K. (eds.), *Advances in Herpetology and Evolutionary Biology: Essays in honor of Ernest E. Williams*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, 455-471.
- Ramon, M.M., Terrasa, B., Arranz, M.J. i Petitpierre, E. 1986. Genetic variation in insular populations of the Balearic lizard. In: Rocek, Z. (ed.), *Studies in Herpetology*, Prague, 243-248.
- Ramon, M.M. i Castro, J.A. 1988. Estudi del dimorfisme sexual en la sargantana balear *Podarcis lilfordi*. *Rev. Cièn. (IEB)*, 3: 69-74.
- Ramon, M.M. i Castro, J.A. 1989. Morphological comparison between *Podarcis lilfordi* and *Podarcis pityusensis*. *Rev. Cièn. (IEB)*, 4: 73-99.
- Riera, N. i Pérez-Mellado, V. 2006. Nectarismo y frugivoría en la lagartija de las Pitiusas y en la lagartija balear. In: Soler, M., Martín, J., Tocino, L., Carranza, J., Cordero, A., Moreno, J., Senar, J.C., Valdivia, M. y Bolívar, F. (eds.). *Fauna en acción. Guía para observar comportamiento animal en España*. Lynx edicions. Bellaterra, Barcelona, 27-31.
- Rita, J., Ballesteros, E., Ginés Gràcia, A., McMinn Grivé, M. i Pérez Mellado, V. 2016. Capítulo 8: Tejiendo naturaleza: el archipiélago de Cabrera, lugar de encuentro y armonía entre la gea, la fauna y la flora. In: Robledo Ardila, P.A. (ed.), *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca e Instituto Geológico y Minero de España, 203-231.
- Roberts, M.L., Buchanan, K.L. i Evans, M.R. 2004. Testing the immunocompetence handicap hypothesis: a review of the evidence. *Anim. Behav.*, 68:227-239.
- Roca, V. i Pérez-Mellado V. 1999. El archipiélago balear. In: Santos, X., Carretero, M.A., Llorente, G.A. y Montori, A. (eds.), *Inventario de las áreas importantes para los Anfibios y Reptiles de España*. Colección Técnica. Publicaciones del Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 81-85.
- Sáez, E. 1993a. *Memoria del estudio sobre la lagartija balear Podarcis lilfordi (Sauria: Lacertidae) en el Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera*, 13 pp. Inédito.
- Sáez, E. 1993b. Population densities of the Balearic lizard *Podarcis lilfordi* (Günther, 1874). Abstracts of the Seventh Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica. Barcelona, 117.
- Sáez, E. i Traveset, A. 1995. Fruit and néctar feeding by *Podarcis lilfordi* (Lacertidae) on Cabrera archipelago (Balearic Islands). *Herpet. Review*, 26: 121-123.
- Salvador, A. 1976. *La Alimentación de los reptiles de Cabrera*. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, 20 pp. Inédito.
- Salvador, A. 1978. Materiales para una "Herpetofauna Balearica". 5. Las salamanquesas y tortugas del archipiélago de Cabrera. *Doñana Acta Vertebrata*, 5: 5-17.
- Salvador, A. 1979a. Materiales para una "Herpetofauna Balearica". 2. Taxonomía de las Lagartijas Baleares del archipiélago de Cabrera. *Boon. Zool. Beitr.*, 30(1/2): 176-191.
- Salvador, A. 1979b. Interaction between the Balearic lizard (*Podarcis lilfordi*) and Eleonora's falcon (*Falco eleonora*). *J. of Herpet.*, 14(1): 101.
- Salvador, A. 1980. Materiales para una "Herpetofauna Balearica". 4. Las poblaciones de lagartija balear (*Lacerta lilfordi*) del archipiélago de Cabrera, pp. 401-454. I Reunión Iberoamericana de Zoología de Vertebrados. La Rábida.
- Salvador, A. 1986. *Podarcis lilfordi* (GÜNTHER, 1874) – Balearen Eidechse, In: W. Böhme (ed.), *Handbuch der Amphibien und Reptilien Europas, Echsen III (Podarcis)*, Aula-Verlag, Wiesbaden, 83-110.

- Salvador, A. 1993. Els rèptils. In: Alcover, J. A., Ballesteros, E., Fornos, J. J. (eds.), *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2. CSIC-Editorial Moll, Palma de Mallorca, 427-437.
- Schall, J.J. i Pearson, A.R. 2000. Body condition of a Puerto Rican Anole, *Anolis gundlachi*: effect of a Malaria parasite and weather variation. *J. Herpet.*, 34(3): 489-491.
- Schall, J.J. i Sarni, G.A. 1987. Malarial parasitism and the behavior of the lizard, *Sceloporus occidentalis*. *Copeia*, 1987: 84-93.
- Siddall, M., Rohling, E.J., Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Meischner, D., Schmelzer, I. i Smeed, D.A. 2003. Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature*, 423: 853-858.
- Smallridge, C.J. i Bull, C.M. 2000. Prevalence and intensity of the blood parasite *Hemolivia marinae* in a field population of the skink *Tiligua rugosa*. *Parasitol. Res.*, 86: 655-660.
- Smith, T.G., Desser, S.S. i Martin, D.S. 1994. The development of *Hepatozoon sipedon* n. sp. (Apicomplexa: Adeleina: Hepatozoidae) in its natural host, the Northern water snake (*Nerodia sipedon sipedon*), the culicine vectors, *Culex pipiens* and *Culex territans*, and an intermediate host, Northern leopard frog (*Rana pipiens*). *Parasitol. Res.*, 80:559-568.
- Sorci, G. 1995. Repeated measurements of blood parasite levels reveal limited ability for host recovery in the common lizard (*Lacerta vivipara*). *J. Parasitol.*, 81: 825-827.
- Suárez, M. 2000. Las rapaces nidificantes en el archipiélago de Cabrera. In: Pons, G.X. (ed.), *Las aves del Parque Nacional marítimo-terrestre del archipiélago de Cabrera (Islas Baleares, España)*. Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Naturalesa (GOB). Ministerio de Medio Ambiente, 233-252.
- Svahn, K. 1974. Incidence of blood parasites of the genus *Karyolysus* (Coccidia) in Scandinavian lizards. *Oikos*, 25: 43-53.
- Terrasa, B., Picornell, A. Castro, J.A. i Ramon, M.M. 2000. Genetic variation within endemic *Podarcis* lizards from the Balearic Islands inferred from partial Cytochrome b sequences. *Amphibia-Reptilia*, 25: 407-414.
- Terrasa, B., Pérez-Mellado, V., Brown, R.P., Picornell, A., Castro, J.A. i Ramon, M.M. 2009a. Foundations for conservation of intraspecific genetic diversity revealed by analysis of phylogeographical structure in the endangered endemic lizard, *Podarcis lilfordi*. *Diversity and Distributions*, 15: 207-221.
- Terrasa B., Rodríguez, V., Pérez-Mellado, V., Picornell, A., Brown, R.P., Castro, J.A. i Ramon, M.M. 2009b. Use of NCPA to understanding genetic sub-structuring of *Podarcis lilfordi* from the Balearic archipelago. *Amphibia-Reptilia*, 30: 505-514.
- Traveset, A. 1995. Seed dispersal of *Cneorum tricocon* L. (Cneoraceae) by lizards and mammals in the Balearic Islands. *Acta Oecol.*, 16: 171-178.
- Traveset, A. 1997a. La lagartija balear, una eficaz polinizadora y dispersante de plantas. *Quercus*, 139: 20-22.
- Traveset, A. 1997b. Depredació de llavors dels aladerns (*Phillyrea* spp.) després de la dispersió per sargantanes i ocells a l'illa de Cabrera. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 40: 27-33.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1(2), 151-190.
- Traveset, A. i Sáez, E. 1997. Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia*, 111, 241-248.
- UVS (Unidad de Vida Silvestre). 1984. Cuantificación de algunas poblaciones insulares de lacértidos. *Boletín de la Estación Central de Ecología*, 13: 73-79.
- Zink, R. M. 2004. The role of subspecies in obscuring avian biological diversity and misleading conservation policy. *Proc. R. Soc. B*, 271: 561-564. (doi:10.1098/rspb.2003. 2617).
- Zuur A.F., Ieno E.N. i Smith G.M. 2007. *Analysing ecological data*. New York: Springer, 672 pp.

QUÈ HA CANVIAT I QUÈ HEM APRÈS EN EL SEGLE XXI DE LES AUS DE CABRERA

Magdalena Carbonell

Parc Nacional de Cabrera

Joan Mayol

Societat d'Història
Natural de les Balears

jmayol@picarandau.com

Jordi Muntaner

Sociedad Española de
Ornitologia,
SEO-BirdLife

Maties Rebassa

Director del Parc Natural
de s'Albufera i la Reserva
Natural de s'Albufereta

Carbonell M., Mayol J., Muntaner J., Rebassa M. (2020). Què ha canviat i què hem après en el segle XXI de les aus de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

L'avifauna de Cabrera ha estat intensament estudiada des de la declaració del Parc Nacional. L'any 2000, va ser objecte d'una publicació molt completa (Pons, 2001), de forma que hem optat per resumir aquí els canvis coneguts d'aquest grup zoològic i els nous coneixements adquirits en el present segle sobre les espècies més rellevants del Parc Nacional.

El nombre d'espècies citades a Cabrera ascendeix a 238, de les quals 24 o 25 són reproductores regulars. La major part de les citades són espècies migrants. Són 52 espècies més de les conegudes a principis de segle (unes poques de les quals són en realitat antigues subespècies considerades actualment espècies diferents). Moltes novetats són d'origen oriental o africà. Hi ha hagut també canvis d'estatus (assentaments de poblacions reproductores i alguna extinció local). Es considera que la pèrdua de l'hàbitat de camps oberts (antics conreus) empobreix la qualitat de l'hàbitat per a determinades espècies migratòries.

Quan a l'avifauna emblemàtica, es resumeixen els nous coneixements publicats o inèdits. Els resultats de les extenses recerques consagrades al Viroto petit, *Puffinus mauretanicus*, han definit prou bé els seus moviments en època reproductora –quan depenen significativament d'àrees d'alimentació a la costa continental- i de migració; es resumeixen les dades sobre el risc de captura accidental i s'aporta informació sobre els efectius globals i locals, que a Cabrera estan sobre les 450 parelles nidificants, sense evidències de recessió demogràfica. La població cabrarenca de virot gros, *Calonectris diomedea*, és lleugerament superior (480 pp), i s'exposen els moviments anuals de la població mediterrània, molt ben coneguts gràcies a les tècniques de radio-seguiment. Cal destacar la bona productivitat de la població local. Quan a la Noneta, *Hydrobates pelagicus*, es manté la imprecisió de l'avaluació poblacional –per les dificultats que suposen els hàbits i talla d'aquesta espècie; s'han aportat dades de la predació per gavines i falcó peregrí i hi ha indicis positius de l'evolució del seu estat de conservació gràcies a la desratització de diverses illes del Parc Nacional. El Corbmarí, *Phalacrocorax aristotelis*, manté a Cabrera uns efectius molt variables segons els anys, entre 90 i 150 parelles, i s'han recollit dades de postes entre mig novembre i mig maig. Quantz a la gavina roja, *Larus audouinii*, es resumeixen algunes dades històriques, el gran avanç en l'estudi dels seus moviments tan en època de cria com en migració, i la dependència dels rebuig de pesquers, que pot explicar la seva irregularitat a Cabrera (alguns anys no hi ha nidificat) i desplaçament de colònies fora del Parc Nacional, en suprimir-s'hi la pesca del bou. Pel que fa a la Gavina de peus grocs, *Larus michahellis*, la població a Cabrera (i a Mallorca i Menorca) ha detingut la seva expansió i moderat els efectius, com a conseqüència de les intenses campanyes de control poblacional dels anys 80 i 90, i el tancament dels abocadors fet en aquest segle.

S'aporten també resums de la situació de conservació dels rapinyaires reproductors, excel·lent el cas de l'Àguila peixatera, *Pandion haliaetus*, que va assolir l'any 2017 un màxim demogràfic espectacular, vuit parelles, que suposen una densitat de 1 parella cada dos km, la més alta coneguda per a l'espècie a la Mediterrània, juntament amb la de Còrsega.

Paraules clau: *Avifauna, Cabrera, Aus marines, Rapinyaires*

ABSTRACT

Cabrera's birdlife has been intensively studied since the declaration of the National Park. In 2000, it was the object of a very complete publication (Pons (ed) 2001), so we have decided to summarize here the known changes of this zoological group and the new knowledge acquired in the present century on the most relevant species of the National Park.

The number of species spotted in Cabrera amounts to 238, of which 24 or 25 are regular breeders. Most of the spotted are migrant species. They are 52 more than those known at the beginning of the century (a few of which are in fact increases due to the recent acceptance of a species separation of old subspecies). Many of those new species are of oriental or African origin. There have also been changes in status (settlements of reproductive populations and some local extinction). It is considered that the loss of the habitat of open fields (old crops) impoverishes the quality of the habitat for certain migratory species.

Regarding the emblematic birdlife, the new published knowledge is summarized here. The results of the extensive research dedicated to the Balearic Shearwater, *Puffinus mauretanicus*, have defined well enough the movements at reproductive time -which depend significantly on areas of food on the continental coast- and migration; The data about the risk of accidental capture is summarized and information about the global and local numbers is provided, that in Cabrera are on the 450 breeding couples, without evidence of demographic recession. The Cabrera's population of the Cory's Shearwater, *Calonectris diomedea*, is slightly higher (480 pp), and the annual movements of the Mediterranean population are actually well known, thanks to radio-tracking techniques. It is worth noting the good productivity of the local population. About the storm petrel, *Hydrobates pelagicus*, the inaccuracy of population assessment remains, due to the difficulties that the habits and the size of this bird; information on predation for gulls and peregrine falcons has been provided and there are positive indications of the evolution of its conservation status thanks to the rodent control of several islands of the National Park.

The Shag, *Phalacrocorax aristotelis*, maintains in Cabrera some variable effective, depending on the years, between 90 and 150 pairs, and there is a wide time of egg-laying, between mid-November and mid-May. About the Audouin's seagull, *Larus audouinii*, some historical data are summarized, the great advance in the study of their movements at the time of breeding and migration, and the dependence on fishing leftovers, which can explain its irregularity in Cabrera (in some years it didn't nest) and the displacement of colonies outside the National Park. Regarding the yellow-legged Gull, *Larus michahellis*, the population in Cabrera (and in Mallorca and Menorca) stopped its expansion as a result of the intense campaigns of population control of the 80's and 90's, and the closure of landfills made in this century.

Abstracts of the conservation status of breeding raptors are also provided, with the most interesting case of the osprey, *Pandion haliaetus*, which reached in 2017 a dramatic maximum demographic, eight pairs, which represent a density of a couple every two km, the highest known of this species in the Mediterranean, which Corsica.

Keywords: *Avifauna, Cabrera, Seabirds, Predators*

INTRODUCCIÓ

L'avifauna, resident i migrant, és un dels valors biològics més rellevants de Cabrera, i va fonamentar, amb altres, la declaració de Parc Nacional. Val a dir que les aus de Cabrera eren pràcticament desconegudes fins als anys 70, i se n'havien publicat poquíssimes dades, reduïdes pràcticament a les obtingudes per Philip W. Munn en una visita el 4 de maig de 1941 (Munn, 1943), quan va confirmar la nidificació de *Larus audouinii* i *Puffinus mauretanicus*. No hi havia hagut cap visita ornitològica més fins a les prospeccions estivals de la SHNB el 1971 i 1972, a les que dos de nosaltres prenguerem part; posteriorment, hi investigà un equip de la Universitat Complutense, gràcies a un Premi Ciutat de Palma, que va generar diverses publicacions (Araujo *et al* 1976; Purroy, 1977). Cal destacar també la divulgació televisiva i personal del valor ornitològic de Cabrera per Félix R. de la Fuente; i les posteriors campanyes del GOB, especialment rellevants en els esforços d'anellament d'aus marines i migratòries.

El Parc nacional ha suposat, per una banda, una sèrie de mesures de conservació sobre les aus de l'arxipèlag: la supressió de la caça i el bestiar domèstic, l'estricta control de desembarcs als illots, la vigilància, l'ordenació pesquera suprimint les practiques més agressives, l'eliminació de rossegadors a diversos illots i de carnívors a Cabrera Gran, etc. Per altra banda, s'hi ha promocionat la recerca, amb nombrosos treballs de seguiment i d'investigació sobre aus marines, rapinyaires i altres. Tota la informació ornitològica local del segle passat va ser recopilada i publicada a Pons, 2001, de manera que seria reiteratiu repetir les dades incloses en l'esmentada monografia. Des d'aleshores, tot i que hi ha hagut diferents aportacions de recerca en el Parc Nacional (vegeu bibliografia), les novetats locals no han estat tan grans com en altres grups d'organismes, i per tant, entenem que l'enfocament que cal donar a aquest capítol ha de ser diferent a altres de la present publicació. Concretament, atès el caràcter mòbil de les aus i que la major part d'individus d'aquest grup zoològic (excepte els d'algunes espècies absolutament sedentàries, que són minoria) passen una part del seu cycle vital fora del Parc Nacional, hem optat per actualitzar el catàleg ornític i sintetitzar els nous coneixements de la biologia de conservació de les espècies més rellevants de l'avifauna de Cabrera, tot i que en molts casos hagin estat aportades per recerques efectuades en altres punts de la geografia balear. Les aus de Cabrera formen part de metapoblacions d'àmbit més extens, i no tendria sentit circumscriure'ns a un àmbit tan local. És més, a la major part d'espècies, com exposarem, les novetats dels darrers vint anys van precisament en el sentit de demostrar una amplitud de territoris i desplaçaments molt més extensa del que es sospitava, en un autèntic canvi de paradigma pel que fa a la nostra visió dels àmbits vitals de les aus marines, coneixement que les noves tecnologies electròniques i satel·litals han fet possible.

L'AVIFAUNA DEL PARC NACIONAL DE CABRERA

Al mes d'agost de 2018, amb la informació recopilada de diferents publicacions científiques i divulgatives, més dades inèdites pròpies, s'ha confeccionat una llista que recull informació de 238 espècies amb observacions segures en estat salvatge (de 53 famílies diferents), més altres 3 de probables, marcades amb color verd a la Taula I. No s'han tingut en compte, per tant, totes les observacions d'espècies que es troben presents a la Mediterrània occidental procedents de fuites, siguin intencionades o fortuïtes (presència artificial).

Respecte de la darrera llista publicada, de l'any 2001 (López-Jurado i González, 2001), els canvis es poden considerar com a molt significatius. En aquella exhaustiva recopilació es va trobar informació sobre la presència a Cabrera de 186 espècies. Per tant, entre 2001 i 2018 la llista d'aus de Cabrera ha guanyat ni més ni menys que 52 espècies. Si bé algunes de les afegides es deuen més aviat a "splits" o diferenciacions taxonòmiques recents (seria el cas, per exemple, del papamosques balear, o el busqueret de Moltoni), la gran majoria de noves addicions es deuen a noves observacions, moltes d'elles com a conseqüència de campanyes d'anellament efectuades dins el marc del projecte internacional "Piccole Isole" (Gargallo *et al.* 2011), i més recentment en les curtes però recurrents

campanyes d'observació directa de les aus migratòries realitzades a la vall central de Cabrera Gran per ornitòlegs voluntaris de gran experiència identificativa, tasques en les quals ha participat directament un de nosaltres (M. Rebassa).

Taula I. Llista de les aus de Cabrera.

Nom científic	Nom mallorquí	Nom espanyol	Estatus	Comentaris
ANATIDAE				
<i>Anser anser</i>	Oca salvatge	Ánsar común	Hr, Mr	
<i>Tadorna tadorna</i>	Ànnera blanca	Tarro blanco	Mr	No citada abans de 2001
<i>Anas crecca</i>	Cetla rossa	Cerceta común	Mr	
<i>Anas platyrhynchos</i>	Collverd	Ánade real o azulón	Rr, Hr	No citada abans de 2001
<i>Netta rufina</i>	Becvermell	Pato colorado	D	
<i>Aythya ferina</i>	Moret capvermell	Porrón común	Mr	No citada abans de 2001
<i>Mergus serrator</i>	Ànnera peixatera	Serreta mediana	Hr	
PHASIANIDAE				
<i>Coturnix coturnix</i>	Guàtlera	Codorniz	Mr	
PODICIPEDIDAE				
<i>Podiceps cristatus</i>	Soterí gros	Somormujo lavanco	D	No citada abans de 2001
<i>Podiceps nigricollis</i>	Soterí o cabussonera	Zampullín cuellinegro	Mr	
PROCELLARIIDAE				
<i>Calonectris diomedea</i>	Virot gros	Pardela cenicienta	Rm, He	
<i>Calonectris (diomedea) borealis</i>	Viros gros atlàntic	Pardela atlàntica	D	Cites pendents de confirmació
<i>Puffinus yelkouan</i>	Virot de llevant	Pardela mediterrànea	He	No citada abans de 2001
<i>Puffinus mauretanicus</i>	Virot petit	Pardela balear	Rm	
HYDROBATIDAE				
<i>Hydrobates (pelagicus) melitensis</i>	Noneta	Paíño común	R-Sm	
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Noneta grossa	Paíño boreal o de Leach	D	Cites pendents de confirmació
<i>Oceanodroma monorhis</i>	Noneta de Swinhoe	Paíño de Swinhoe	D	
SULIDAE				
<i>Morus bassanus</i>	Soteler o mascarell	Alcatraz	He, Me	
PHALACROCORACIDAE				
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Corb marí gros	Cormorán grande	Me, Hr	
<i>Phalacrocorax (aristotelis) desmarestii</i>	Corb marí	Cormorán moñudo mediterráneo	R-Sa	
ARDEIDAE				
<i>Isobrychus minutus</i>	Suí	Avetorillo	Mr	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Orval	Martinete	Me	
<i>Ardeola ralloides</i>	Toret	Garcilla cangrejera	Mr	
<i>Bubulcus ibis</i>	Esplugabous	Garcilla bueyera	Mr	
<i>Egretta garzetta</i>	Agró blanc	Garzeta común	Me	
<i>Ardea cinerea</i>	Agró blau	Garza real	Hr, Me	
<i>Ardea purpurea</i>	Agró roig	Garza imperial	Me	
CICONIIDAE				
<i>Ciconia nigra</i>	Cigonya negra	Cigüeña negra	Mr	
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigonya (blanca)	Cigüeña blanca	Mr	
PHOENICOPTERIDAE				
<i>Phoenicopterus roseus</i>	Flamenc	Flamenco común	D	No citada abans de 2001
ACCIPITRIDAE				
<i>Pernis apivorus</i>	Aligot vesper	Abejero	Mm	
<i>Milvus migrans</i>	Milana negra	Milano negro	Hr, Me	
<i>Milvus milvus</i>	Milana (reial)	Milano real	Hr, Mr	
<i>Neophron percnopterus</i>	Miloca	Alimoche	Mr	
<i>Gyps fulvus</i>	Voltor lleonat	Buitre leonado	D	No citada abans de 2001
<i>Aegypius monachus</i>	Voltor (negre)	Buitre negro	D	
<i>Circus gallicus</i>	Àguila marcenca	Águila culebrera	Mr	

<i>Circus aeruginosus</i>	Arpella	Aguilucho lagunero	Mm	
<i>Circus cyaneus</i>	Arpella pàl·lida	Aguilucho pàlido	Mr	
<i>Circus macrourus</i>	Arpella russa	Aguilucho papialbo	Mr	No citada abans de 2001
<i>Circus pygargus</i>	Arpella cendrosa	Aguilucho cenizo	Me	
<i>Accipiter nisus</i>	Esparver	Gavilán	Me	
<i>Buteo buteo</i>	Aligot	Ratonero común	Mr	
<i>Aquila pennata</i>	Àguila calçada	Àguila calzada	Hr, Mm	
<i>Aquila fasciata</i>	Àguila coabarrada	Àguila perdicera	D	No citada abans de 2001
PANDIONIDAE				
<i>Pandion haliaetus</i>	Àguila peixatera	Àguila pescadora	R-Se, Mr	
FALCONIDAE				
<i>Falco naumanni</i>	Xoriguer petit	Cernícalo primilla	Mr	No citada abans de 2001
<i>Falco tinnunculus</i>	Xoriguer	Cernícalo común	Mm	Va criar fins el 1993
<i>Falco vespertinus</i>	Xoriguer cama-roig	Cernícalo patirrojo	Mr	
<i>Falco columbarius</i>	Esmerla	Esmerejón	Mr	
<i>Falco subbuteo</i>	Falconet	Alcotán	Me	
<i>Falco eleonora</i>	Falcó marí	Halcón de Eleonor	Rm	
<i>Falco peregrinus</i>	Falcó	Halcón peregrino	R-Sm	
RALLIDAE				
<i>Porzana porzana</i>	Rasclat pintat	Polluela pintoja	Mr	
<i>Porzana pusilla</i>	Rasclat menut	Polluela chica	D	
<i>Crex crex</i>	Guàtlera maresa	Guión de codornices	D	
<i>Gallinula chloropus</i>	Polla d'aigua	Polla de agua	D	
<i>Fulica atra</i>	Fotja	Focha común	D	
GRUIDAE				
<i>Grus grus</i>	Grua	Grulla común	Me	No citada abans de 2001
BURHINIDAE				
<i>Burhinus oedicnemus</i>	Sebel·lí	Alcaraván	Se	
RECURVIROSTRIDAE				
<i>Himantopus himantopus</i>	Avisador	Cigüeñuela	Me	
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Bec d'alena	Avoceta	D	No citada abans de 2001
HAEMATOPODIDAE				
<i>Haematopus ostralegus</i>	Garsa de mar	Ostrero	Mr	
CHARADRIIDAE				
<i>Charadrius dubius</i>	Picaplatges petit	Chorlito chico	Mr	
<i>Charadrius hiaticula</i>	Picaplatges gros	Chorlito grande	Mr	No citada abans de 2001
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Picaplatges camanegre	Chorlito patinegro	Mr	No citada abans de 2001
<i>Charadrius morinellus</i>	Fuell de collar	Chorlito carambolo	Mr	No citada abans de 2001
<i>Pluvialis apricaria</i>	Fuell	Chorlito dorado	Mr	No citada abans de 2001
<i>Pluvialis squatarola</i>	Fuell gris	Chorlito gris	Mr	No citada abans de 2001
<i>Vanellus vanellus</i>	Juia	Avefría europea	Hr, Mr	
SCOLOPACIDAE				
<i>Calidris ferruginea</i>	Corriol beclarg	Correlimos zarapitín	Mr	No citada abans de 2001
<i>Calidris alba</i>	Corriol tres-dits	Correlimos tridáctilo	Mr	
<i>Calidris alpina</i>	Corriol variant	Correlimos común	Mr	
<i>Calidris minuta</i>	Corriol menut	Correlimos menudo	Mr	
<i>Lymnocyptes minimus</i>	Cegall menut	Agachadiza chica	Mr	
<i>Gallinago gallinago</i>	Cegall	Agachadiza común	Mr	
<i>Scolopax rusticola</i>	Cega	Becada o chocha perdiz	He	
<i>Numenius phaeopus</i>	Curlera cantaire	Zarapito trinador	Mr	
<i>Numenius arquata</i>	Curlera (reial)	Zarapito real	Mr	
<i>Actitis hypoleucos</i>	Xivitona	Andarríos chico o común	Hr, Me	
<i>Tringa ochropus</i>	Becassineta	Andarríos grande	Mr	
<i>Tringa erythropus</i>	Cama-roja pintada	Archibebe oscuro	Mr	
<i>Tringa nebularia</i>	Camaverda	Archibebe claro	Mr	No citada abans de 2001
<i>Tringa glareola</i>	Valona	Andarríos bastardo	Mr	

<i>Tringa totanus</i>	Cama-roja	Archibebe comú	Mr	No citada abans de 2001
GLAREOLIDAE				
<i>Glareola pratincola</i>	Guatlereta de mar	Canastera comú	D	No citada abans de 2001
STERCORARIIDAE				
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Paràsit coample	Págalo pomarino	D	No citada abans de 2001
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Paràsit coapunxegut	Págalo paràsito	D	No citada abans de 2001
<i>Stercorarius skua</i>	Paràsit gros	Págalo grande o skúa	He, Me	
ALCIDAE				
<i>Alca torda</i>	Pingdai	Alca comú	Hr	
<i>Fratercula arctica</i>	Cadafet	Fraillecillo	Hr	
STERNIDAE				
<i>Chlidonias hybrida</i>	Fumarell carablanc	Fumarel cariblanco	Mr	
<i>Chlidonias niger</i>	Fumarell (negre)	Fumarel comú	Me	
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Llambritja de bec llarg	Charrán patinegro	Hr	
<i>Sterna hirundo</i>	Llambritja	Charrán comú	D	
LARIDAE				
<i>Hydrocoloeus minutus</i>	Gavinó	Gaviota enana	Mr	
<i>Larus ridibundus</i>	Gavina d'hivern	Gaviota reidora	D	No citada abans de 2001
<i>Larus audouinii</i>	Gavina roja	Gaviota de Audouin	Rm, He	
<i>Larus melanocephalus</i>	Gavina capnegra	Gaviota cabecinegra		Er no reproductor, Mr
<i>Larus fuscus</i>	Gavina fosca	Gaviota sombría	Mr	No citada abans de 2001
<i>Larus michahellis</i>	Gavina (vulgar)	Gaviota patiamarilla	R-Sa	
COLUMBIDAE				
<i>Columba livia</i>	Colom salvatge	Paloma bravía	Mr	No citada abans de 2001
<i>Columba palumbus</i>	Tudó	Paloma torcaz	R-Sm	
<i>Columba oenas</i>	Xixell	Paloma zurita	D	
<i>Streptopelia decaocto</i>	Tórtora turca	Tórtola turca	D	
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtora	Tórtola europea	Re, Me	
<i>Streptopelia senegalensis</i>	Tórtora senegalesa	Tórtola senegalesa	D	No citada abans de 2001
CUCULIDAE				
<i>Clamator glandarius</i>	Cucui reial	Críalo	Mr	No citada abans de 2001
<i>Cuculus canorus</i>	Cucui	Cuco comú	Mr	
TYTONIDAE				
<i>Tyto alba</i>	Òliba	Lechuza comú	R-Sr	
STRIGIDAE				
<i>Otus scops</i>	Mussol	Autillo	Hr, Me	
<i>Asio otus</i>	Mussol banyut	Búho chico	Hr, Mr	Presència estival ocasional
<i>Asio flammeus</i>	Mussol emigrant	Búho o lechuza campestre	Hr, Mr	
CAPRIMULGIDAE				
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Enganapastors	Chotacabras gris	Me	Possible reproductor recent?
<i>Caprimulgus ruficollis</i>	Siboc	Chotacabras pardo	Mr	
APODIDAE				
<i>Apus apus</i>	Falzia	Vencejo comú	Re, Mm	
<i>Apus pallidus</i>	Falzia pàl·lida	Vencejo pàlido	Me	Reproductor ocasional
<i>Apus melba</i>	Falzia reial	Vencejo real	Rr, Me	
ALCEDINIDAE				
<i>Alcedo atthis</i>	Arner	Martín pescador	Hr, Mr	
MEROPIDAE				
<i>Merops persicus</i>	Abellerol gola-roig	Abejaruco persa	D	No citada abans de 2001
<i>Merops apiaster</i>	Abellerol	Abejaruco europeo	Mm	
CORACIIDAE				
<i>Coracias garrulus</i>	Gaig blau	Carraca	Mr	
UPUPIDAE				
<i>Upupa epops</i>	Puput	Abubilla	R-Sr, Me	
PICIDAE				
<i>Jynx torquilla</i>	Formiguer	Torcecuello	Hr, Me	

ALAUDIDAE				
<i>Calandrella brachydactyla</i>	Terrola	Terrera comú	Me	
<i>Galerida theklae</i>	Cucullada	Cogujada montesina	D	No citada abans de 2001
<i>Lullula arborea</i>	Cotoliu	Totovia	D	
<i>Alauda arvenses</i>	Alosa	Alondra comú	He, Me	
HIRUNDINIDAE				
<i>Riparia riparia</i>	Cabot de vorera	Avión zapador	Me	
<i>Prionoprogne rupestris</i>	Cabot de roca	Avión roquero	Hr	
<i>Hirundo rustica</i>	Oronella	Golondrina comú	Ma	
<i>Cecropis daurica</i>	Oronella coa-rogenca	Golondrina dáurica	Me	
<i>Delichon urbicum</i>	Cabot	Avión comú	Ma	
MOTACILLIDAE				
<i>Anthus richardi</i>	Titina grossa	Bisbita de Richard	D	No citada abans de 2001
<i>Anthus campestris</i>	Titina d'estiu	Bisbita campestre	Me	
<i>Anthus hodgsoni</i>	Titina de Hodgson	Bisbita de Hodgson	D	No citada abans de 2001
<i>Anthus trivialis</i>	Titina dels arbres	Bisbita arbóreo	Mm	
<i>Anthus pratensis</i>	Titina sorda	Bisbita comú	He, Me	
<i>Anthus cervinus</i>	Titina gola-roja	Bisbita gorgirrojo	Mr	
<i>Anthus spinoletta</i>	Titina de muntanya	Bisbita (ribereño) alpino	Mr	
<i>Motacilla flava</i>	Xàtxero groc	Lavandera boyera	Mm	
<i>Motacilla cinerea</i>	Xàtxero cendrós	Lavandera cascadeña	Hr, Mr	
<i>Motacilla alba</i>	Xàtxero (blanc)	Lavandera blanca	Hr, Me	
TROGLODYTIDAE				
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passaforadí	Chochín	Hr	
PRUNELLIDAE				
<i>Prunella modularis</i>	Xalambrí	Acentor comú	He, Me	
<i>Prunella collaris</i>	Xalambrí de muntanya	Acentor alpino	Hr	
TURDIDAE				
<i>Cercotrichas galactotes</i>	Coadreta	Alzacola	Mr	
<i>Erethacus rubecula</i>	Rupit	Petirrojo	Ha, Ma	
<i>Luscinia megarhynchos</i>	Rossinyol	Ruiseñor comú	Mm	
<i>Luscinia svecica</i>	Blaveta	Ruiseñor pechiazul	Mr	
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Coa-roja de barraca	Colirrojo tizón	Hm, Ma	
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Coa-roja (real)	Colirrojo real	Ma	
<i>Phoenicurus moussieri</i>	Coa-roja diademada	Colirrojo diademado	D	No citada abans de 2001
<i>Saxicola rubetra</i>	Vitrac barba-roig	Tarabilla norteña	Mm	
<i>Saxicola rubicola</i>	Vitrac	Tarabilla comú	He, Me	
<i>Oenanthe isabellina</i>	Coablanca pàl·lida	Collalba isabel	D	No citada abans de 2001
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Coablanca	Collalba gris	Mm	
<i>Oenanthe hispanica</i>	Coablanca rossa	Collalba rubia	Me	
<i>Oenanthe leucura</i>	Mèrlera coablanca	Collalba negra	D	
<i>Monticola saxatilis</i>	Mèrlera vermella	Roquero rojo	Mr	
<i>Monticola solitarius</i>	Pàssera	Roquero solitario	R-Se	
<i>Turdus torquatus</i>	Tord flassader	Mirlo capiblanco	He, Me	
<i>Turdus merula</i>	Mèrlera	Mirlo comú	He, Mr	
<i>Turdus pilaris</i>	Tord burell	Zorzal real	Hr	
<i>Turdus philomelos</i>	Tord	Zorzal comú	Ha, Ma	
<i>Turdus iliacus</i>	Tord cellard	Zorzal alirrojo	Hr, Mr	
<i>Turdus viscivorus</i>	Grívia	Zorzal charlo	He, Me	
SYLVIIDAE				
<i>Cettia cetti</i>	Rossinyol bord	Ruiseñor bastardo	Mr	
<i>Locustella naevia</i>	Boscaler pintat	Buscarla pintoja	Me	
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Buscarla dels joncs	Carricérin comú	Me	
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Buscarla de canyar	Carricero comú	Mm	
<i>Acrocephalus dumetorum</i>	Buscarla de Blyth	Carricero de Blyth	D	No citada abans de 2001
<i>Acrocephalus palustris</i>	Buscarla menjamoscards	Carricero polígota	D	

<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Buscarla grossa	Carricero tordal	Me	
<i>Iduna opaca</i>	Busqueta pàl·lida	Zarcero bereber	Mr	
<i>Iduna pallida</i>	Busqueta pàl·lida oriental	Zarzero pàlido oriental	D	Cites pendents de confirmació
<i>Hippolais icterina</i>	Busqueta icterina	Zarcero icterino	Mm	
<i>Hippolais polyglotta</i>	Busqueta	Zarcero común	Mm	
<i>Sylvia atricapilla</i>	Busqueret de capell	Curruca capirotada	Hm, Ma	Possible reproductor recent?
<i>Sylvia borin</i>	Busqueret gros	Curruca mosquitera	Ma	
<i>Sylvia nisoria</i>	Busqueret esparverenc	Curruca gavilana	D	No citada abans de 2001
<i>Sylvia curruca</i>	Busqueret xerrarire	Curruca zarcerilla	Mr	
<i>Sylvia hortensis</i>	Busqueret emmascarat	Curruca mirlona	Mr	
<i>Sylvia communis</i>	Busqueret de batzer	Curruca zarcera	Ma	
<i>Sylvia conspicillata</i>	Busqueret trencamates	Curruca tomillera	Mr	
<i>Sylvia undata</i>	Busqueret roig	Curruca rabilarga	He, Mr	
<i>Sylvia sarda</i>	Busqueret sard	Curruca sarda	D	No citada abans de 2001
<i>Sylvia balearica</i>	Busqueret coallarg	Curruca balear	R-Sa	
<i>Sylvia cantillans</i>	Busqueret de garriga	Curruca carrasqueña	Mm	"Split" recent
<i>Sylvia subalpina</i>	Busqueret de Moltoni	Curruca de Moltoni	Rm, Mm	
<i>Sylvia melanocephala</i>	Busqueret de cap negre	Curruca cabecinegra	R-Sa	
<i>Sylvia rueppelli</i>	Busqueret de Rüppell	Curruca de Rüppell	D	No citada abans de 2001
<i>Phylloscopus inornatus</i>	Ull de bou cellard	Mosquitero bilistado	Mr	
<i>Phylloscopus humei</i>	Ull de bou de Hume	Mosquitero de Hume	D	No citada abans de 2001
<i>Phylloscopus schwarzi</i>	Ull de bou de Schwarz	Mosquitero de Schwarz	D	
<i>Phylloscopus bonelli</i>	Ull de bou pàl·lid	Mosquitero papialbo	Me	
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Ull de bou siulador	Mosquitero silbador	Mm	
<i>Phylloscopus collybita</i>	Ull de bou	Mosquitero común	Hm, Mm	
<i>Phylloscopus ibericus</i>	Ull de bou ibèric	Mosquitero ibérico	Me	
<i>Phylloscopus trochilus</i>	Ull de bou de passa	Mosquitero musical	Ma	
<i>Regulus regulus</i>	Reietó d'hivern	Reyezuelo sencillo	He, Mr	
<i>Regulus ignicapilla</i>	Reietó cellablanc	Reyezuelo listado	R-Se, He	
MUSCICAPIDAE				
<i>Muscicapa tyrrenica balearica</i>	Papamosques (balear)	Papamoscas balear	Re, Mm	"Split" recent
<i>Muscicapa striata</i>	Papamosques (gris)	Papamoscas gris	Mm	
<i>Ficedula parva</i>	Papamosques menut	Papamoscas papirrojo	D	
<i>Ficedula semitorquata</i>	Papam. de mig collar	Papamoscas semicollarino	D	No citada abans de 2001
<i>Ficedula albicollis</i>	Papamosques de collar	Papamoscas collarino	Mr	
<i>Ficedula hypoleuca</i>	Papamosques negre	Papamoscas cerrojillo	Ma	
PARIDAE				
<i>Cyanistes caeruleus</i>	Ferreric blau	Herrerillo común	D	
TICHODROMADIDAE				
<i>Tichodroma muraria</i>	Pela-roques	Treparriscos	D	No citada abans de 2001
ORIOOLIDAE				
<i>Oriolus oriolus</i>	Oriol	Oropéndola	Me	
LANIIDAE				
<i>Lanius collurio</i>	Capsigrany roig	Alcaudón dorsirrojo	Mr	
<i>Lanius meridionalis</i>	Capsigrany ibèric	Alcaudón real	Mr	
<i>Lanius senator</i>	Capsigrany	Alcaudón común	Mm	
<i>Lanius nubicus</i>	Capsigrany emmascarat	Alcaudón núbico	D	No citada abans de 2001
CORVIDAE				
<i>Corvus corax</i>	Corb	Cuervo	D	
STURNIDAE				
<i>Sturnus vulgaris</i>	Estornell (vulgar)	Estornino pinto	He, Mm	
<i>Sturnus unicolor</i>	Estornell negre	Estornino negro	D	No citada abans de 2001
<i>Pastor roseus</i>	Estornell rosat	Estornino rosado	D	No citada abans de 2001
PASSERIDAE				
<i>Passer domesticus</i>	Gorrió teulader	Gorrión común	R-Sr	Extint?
<i>Passer hispaniolensis</i>	Gorrió de passa	Gorrión moruno	D	

<i>Passer montanus</i>	Gorrió barraquer	Gorrión molinero	Mr	
FRINGILLIDAE				
<i>Fringilla coelebs</i>	Pinsà	Pinzón común	He, Mm	
<i>Fringilla montifringilla</i>	Pinsà mè	Pinzón real	Mr	
<i>Serinus serinus</i>	Gafarró	Verdecillo	R-Se, He	
<i>Carduelis chloris</i>	Verderol	Verderón común	R-Sm	
<i>Carduelis carduelis</i>	Cadnera	Jilguero	R-Sm	
<i>Carduelis spinus</i>	Lluonet	Lúgano	Hr, Me	
<i>Carduelis cannabina</i>	Passerell	Pardillo común	R-Se	
<i>Loxia curvirostra</i>	Trencapinyons	Piquituerto	Hr	
<i>Bucanetes githagineus</i>	Passerell trompeter	Camachuelo trompetero	D	
<i>Carpodacus erythrinus</i>	Passerell carminat	Camachuelo carminoso	Mr	
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Durbec	Picogordo	Me	
EMBERIZIDAE				
<i>Emberiza citrinella</i>	Hortolà groc	Escribano cerillo	D	
<i>Emberiza cia</i>	Hortolà cellard	Ecribano montesino	D	No citada abans de 2001
<i>Emberiza hortulana</i>	Hortolà	Escribano hortelano	Me	
<i>Emberiza caesia</i>	Hortolà cendrós	Escribano ceniciento	D	No citada abans de 2001
<i>Emberiza pusilla</i>	Hortolà menut	Escribano pigmeo	D	
<i>Emberiza aureola</i>	Hortolà caranegre	Escribano aurelado	D	
<i>Emberiza schoeniclus</i>	Hortolà de canyet	Escribano palustre	Mr	
<i>Emberiza calandra</i>	Sól-lera	Triguero	Me	

Codis:

S: espècie sedentària	a: presència abundant
R: espècie reproductora	m: presència moderada
E: estival no reproductora	e: presència escassa
H: espècie hivernant	r: presència rara
M: espècie migrant	
D: espècie accidental o divagant	

Igualment s'han detectat, els darrers anys, canvis en la fenologia d'algunes espècies. Per exemple, el reietó cellablanc, que abans es coneixia només com a hivernant i migrant escàs, es troba ara present tot l'any, amb una petita però saludable població reproductora als pinars. També s'ha enfortit notablement la població reproductora del gafarró, abans molt minsa i gairebé anecdòtica. D'altres espècies (enganapastors, falzia pàl·lida, passaforadí, mèrlera...) es sospita la seva nidificació en baix nombre, o es dona de manera molt ocasional, i per tant a hores d'ara encara no sembla consolidada. En canvi el gorrió teulader, abans molt més freqüent, probablement s'hagi extingit com a reproductor, i possiblement també l'òliba. És molt significatiu el fet que la majoria de les espècies que han vist augmentar les seves poblacions (no només reproductores, també hivernals o en pas migratori) es troben estretament lligades als ambients forestals, mentre que les pròpies d'ambients oberts han experimentat un procés invers, com a la resta d'Europa. Sota aquesta perspectiva, i tenint en compte que les aus lligades als ambients oberts són les que es troben actualment en més clara recessió poblacional a nivell europeu, per ventura seria adequat plantejar un manteniment o fins i tot una potenciació dels escassos ambients no arbrats (o escassament arbrats) de la vall central de Cabrera, que podrien d'aquesta manera seguir oferint un espai vital adequat per a nombroses aus migratòries que, a hores d'ara, veuen molt compromesa la seva presència a Cabrera.

Pel que fa a les noves addicions a la llista des de 2001, hi ha varis aspectes notables a destacar: el primer d'ells és la gran quantitat d'espècies de procedència oriental (virot de llevant, arpella russa, titina grossa, titina de Hodgson, coablanca pàl·lida, buscarla de Blyth, busqueta pàl·lida oriental, busqueret esparvarenc, busqueret sard, busqueret de Rüppell, ull de bou de Hume, papamosques de mig collar, capsigrany emmascarat, estornell rosat, hortolà cendrós), algunes de les quals mai abans s'havien citat a l'estat espanyol. El segon fet destacable és l'arribada de noves espècies africanes (tòrtora senegalesa, abellerol gola-roig, coa-roja diademada), que de nou denoten l'enorme importància que té Cabrera com a lloc d'aturada d'espècies provinents de contrades molt diferents, i l'enorme atractiu que això suposa per al visitant especialitzat, visitant que probablement

seria adequat atreure i potenciar, amb una gestió encaminada a afavorir la sedimentació i observació d'aus migratòries a punts fàcilment accessibles.

Amb tot, actualment hi ha a Cabrera 24 o 25 espècies reproductores habituals, 2 d'ocasionals i 3 més de possibles. A l'hivern, unes 47 espècies es poden veure de manera habitual, i altres 13 molt més rarament. Però és, com s'ha dit, durant les passes de primavera i tardor quan més espècies fan servir l'arxipèlag de Cabrera (o les seves aigües, en el cas d'espècies marines) per a fer-hi una aturada estratègica en el decurs dels seus viatges migratoris.

Respecte a la llista d'aus observades a la totalitat de l'arxipèlag balear, la llista de Cabrera representa poc més del 61 % (238 de 385), un percentatge molt important si es té en compte la seva reduïda extensió. Sense cap dubte és l'elevada presència d'espècies migratòries rares, o fins i tot aquelles d'aparició accidental, la qual permet aquest elevat percentatge. S'ha de tenir en compte que en el cas d'algunes rareses, les úniques observacions fetes fins a la data a les Balears provenen precisament de Cabrera.

Algunes de les famílies que compten amb una major diversitat d'espècies a les Balears, presenten escassa presència a Cabrera. Es tracta generalment de les famílies d'aus lligades a ambients aquàtics d'aigües dolces o salabroses (famílies *Anatidae*, *Podicipedidae*, *Rallidae*, *Scolopacidae*, *Sternidae*, *Laridae*). En canvi, les famílies d'aus marines més pelàgiques (famílies *Procellariidae*, *Hydrobatidae*...) o les que fan servir Cabrera com a punt d'aturada durant les seves llargues migracions, com els rapinyaires i altres espècies planadores (*Ciconiidae*, *Accipitridae*, *Falconidae*), o els petits passeriformes migratoris pre i trans-saharians (*Hirundinidae*, *Motacillidae*, *Turdidae*, *Sylviidae*, *Muscicapidae*...), presenten una alta diversitat local relativa.

LES ESPÈCIES RELLEVANTS DEL PARC NACIONAL DE CABRERA

A continuació, resumim les noves informacions disponibles sobre les aus de més interès de conservació de l'arxipèlag de Cabrera.

Puffinus mauretanicus, VIROT PETIT

El Virot petit, *Puffinus mauretanicus*, és l'espècie més important de les Balears des del punt de vista de conservació, pel seu caràcter endèmic i estatus amenaçat. Els esforços, tant en recerca com en recuperació, que se li han dedicat en les darreres dues dècades són considerables, amb més de 50 referències, entre els quals dues tesis doctorals i una extensa monografia (veure bibliografia).

La validesa específica del taxon *mauretanicus* és generalment acceptada (Mayol-Serra *et al.* 2000, Sangster *et al.* 2002), tot i que s'han suscitat alguns dubtes (Yésou 2006), després que s'ha constatat que la població nidificant a Menorca presenta caràcters de coloració del virot de llevant, *P. yelkouan*, probablement per hibridació en temps no llunyans (Ruiz i Martí 2004, Genovart *et al.* 2005). Els desplaçaments coneguts dels virots menorquins cap a l'est són també un indicatiu rellevant (vegeu més avall). Tot i això, els estudis amb ADN mitocondrial mostren que aquestes aus menorquines són genèticament *mauretanicus*, amb haplotips de *yelkouan* per introgressió genètica a partir d'una o poques femelles, relativament antiga (Genovart *et al.* 2007). En qualsevol cas, la proximitat de *yelkouan* i *mauretanicus* és més gran que amb altres espècies, i ens trobam davant un procés d'especiació incipient (l'avantpassat comú més recent tendria de l'ordre del milió d'anys segons el treball esmentat).

La població mundial nidificant coneguda és la que queda indicada en el Fig. 1.

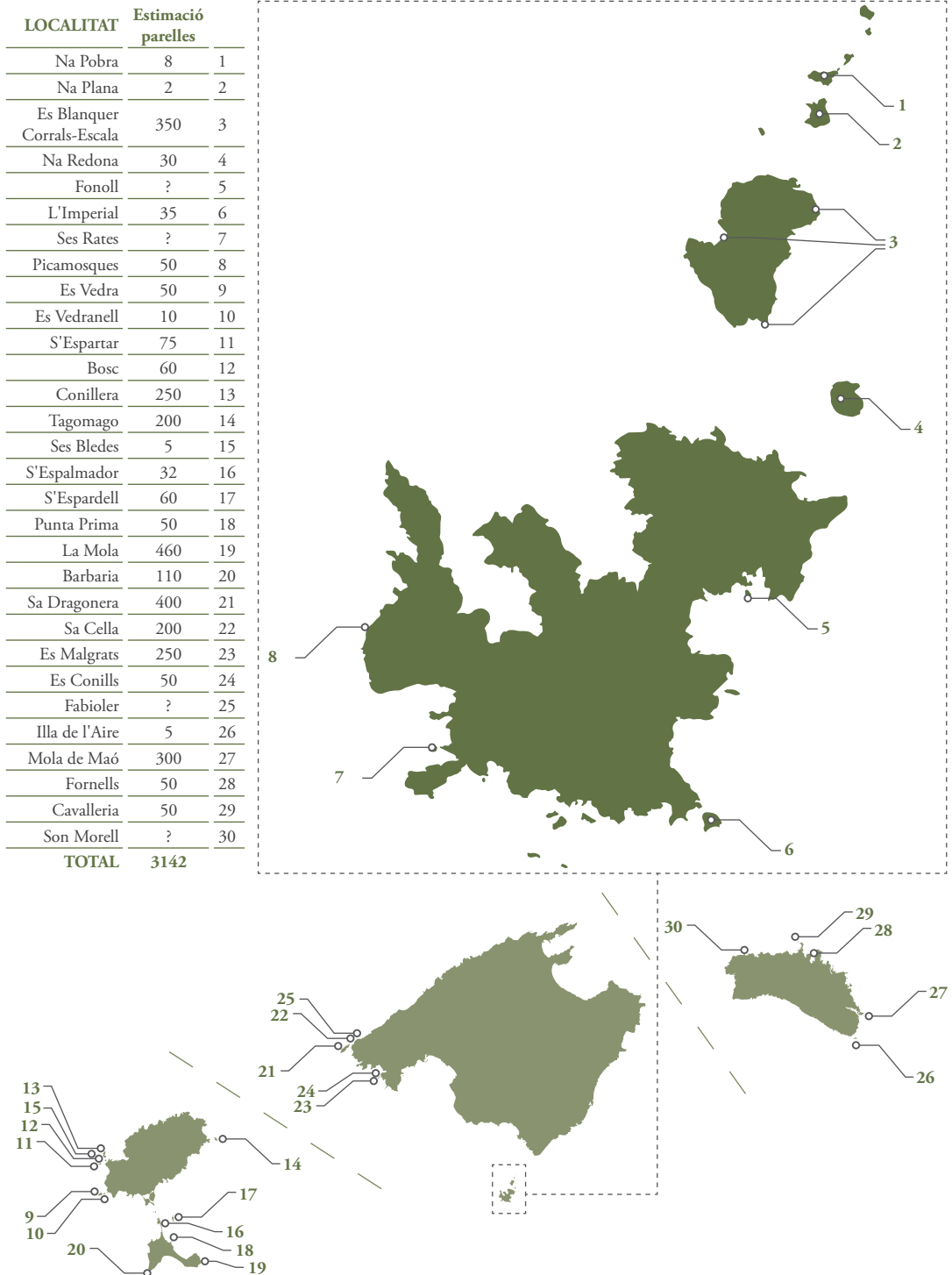


Figura 1. Colònies de *Puffinus mauretanicus* conegudes. Estimació dels efectius de les colònies. No es coneix cap reproducció de l'espècie fora de les Illes Balears.

L'actual població nidificant mundial està avaluada en 3.200 parelles, una xifra modesta, però no del tot coherent amb les 35.000 aus detectades en els passos migratoris per l'Estret (vegeu annex de

la Fundació Migres) o les observacions en altres zones de migració i d'hivernada (Sandoval 2015). Aquest autor dona la xifra de 49.900 exemplars observats a l'Estaca de Bares, de moviments en les dues direccions (part dels quals es compten més d'una vegada). Aquestes xifres ens indiquen que és possible que la població reproductora estigui infravalorada, pel fet que colònies importants no hagin estat encara detectades.

Taula I. Estimes de la població nidificant de Virot petit a les darreres dècades. (Arcos 2011b).

Any	Nombre de parelles	Font
2009	3,193	CMA 2010
2007	>2,135-2,185	CMA 2010
2005	c.2,400	Rodríguez-Molina i McMinn-Grivé (2005)
2001	1,750-2,125	Ruiz i Martí (2004)
1999	2,190-4,256	Ruiz i Martí (2004)
1990s	c.3,300 (2,083-4,114)	Aguilar (1997), Ruiz i Martí (2004)
1988	2,000-5,000	Capellà (1988)

En els darrers anys, la Fundació Migres ha fet un esforç considerable per quantificar els passos per l'Estret de Gibraltar, amb recomptes visuals sistemàtics i prolongats (Arroyo *et al* 2016). El virot petit és relativament fàcil de detectar, ja que està comprovat que el gruix del pas migratori es concentra en el sector septentrional de l'Estret i resulta visible des de terra, i que aquí és menys probable que hi hagi retorn d'aus i siguin comptades més d'un pic, com hem dit que passa a l'Estaca. Incloem (annex) un avanç dels resultats de seguiment dels darrers anys que els seus autors han tengut l'amabilitat de redactar.

És important destacar el treball d'Arcos *et al* 2002, sobre com obtenen aliment els virots petits. S'hi demostra la importància dels rebuigs de pesca d'arrossegament a la costa catalana, al final de l'època de cria (a les Balears la seva associació a aquestes barques és menor) i en els entorns de cap de la Nao, quan la productivitat de les aigües superficials mediterrànies cau i disminueixen les preses disponibles. Segons aquest treball, de març a juny, un 40,8 del seu proveïment energètic prové de descartaments, especialment a la zona del Delta de l'Ebre. Els virots busseigen a certa distància del vaixell, per evitar competència amb gavines i altres aus marines. També pesquen sota objectes flotants (33% dels aportes), en associació amb predadors marins (10%), exploten bancs de peix (10%) o plancton. L'activitat és sovint crepuscular, però no nocturna. Per tant, els seguiments de distintes colònies demostren que, fins i tot durant l'època de nidificació, entre març i juny, els virots petits s'alimenten sovint a gran distància, i en especial a les costes catalanes i valencianes (Fig. 2) així com les d'Algèria, com sabem pels radioseguiments (Fig. 4)

El Virot petit va ser la primera au marina del món de la seva talla objecte de radio-telemetria, amb aparells usats per a coloms missatgers modificats (Aguilar *et al*. 2003). Aquesta experiència va proporcionar resultats innovadors sobre rang de dispersió, horaris d'activitat, profunditat de busseig, etc. i va obrir un camp de recerca especialment actiu els darrers anys. Les tècniques han millorat considerablement des d'aleshores i fins i tot s'han dissenyat gps i *data-loggers* específicament per al virot petit. Els seguiments han estat fets a aus d'una colònia mallorquina (Guilford *et al.*, 2012, Boué *et al.* 2013, Meier *et al.* 2015) i la de la Conillera de Sant Antoni de Portmany (treballs de Seo-BirdLife per Intemares). L'any 2017 i 2018 l'equip britànic que treballa a Mallorca ha iniciat marcatges amb aus de Cabrera, però no hi ha encara informació disponible.

Quan al cicle migratori (Fig. 3), el marcatge ha confirmat la sortida general i massiva de les aus de les Balears a través de Gibraltar. Cap dels virots marcats fins avui a Mallorca i Eivissa s'ha desplaçat significativament cap a l'est; resultaria d'un interès obvi incrementar el seguiment radiotelemètric d'aus menorquines, ja que un exemplar dels primers marcatges va desplaçar-se després de la cria fins al mar Lligur (Ruiz i Martí, 2004). Els virots radioseguits que han migrat més al nord a l'Atlàntic són tots femelles, cosa que indica una possible diferència de comportament migratori entre els sexes (Guilford *et al.* 2012).

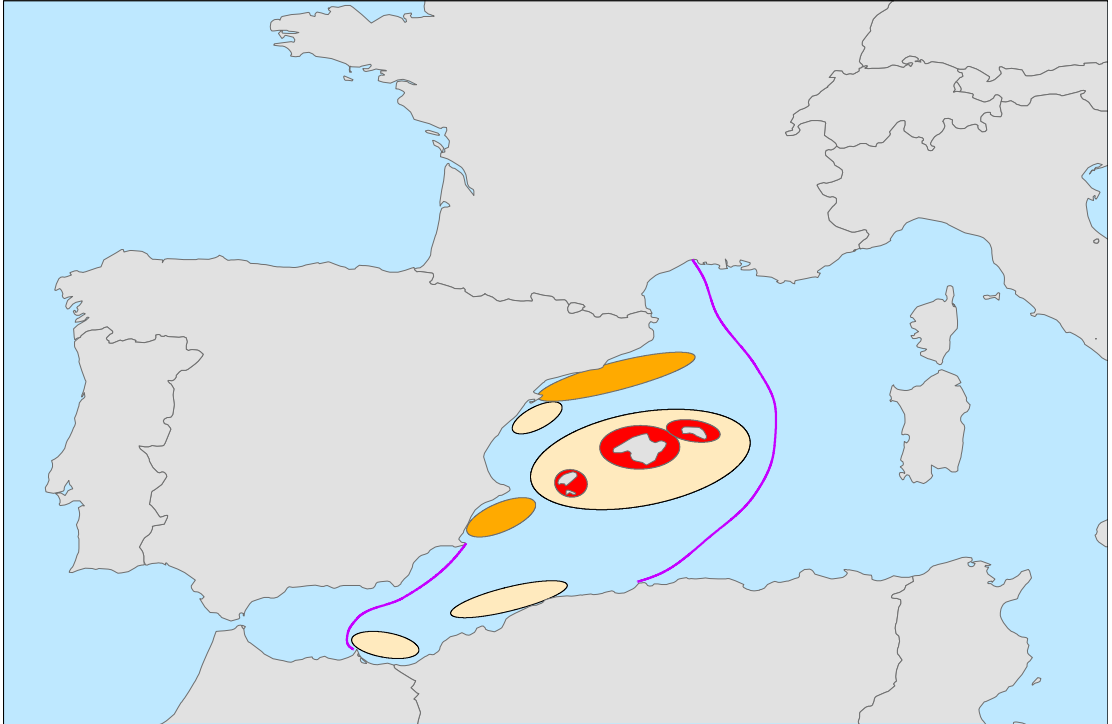


Figura 2. Àrees d'alimentació en època de reproducció de *Puffinus mauretanicus*, i zones conegudes de concentració, aproximades.

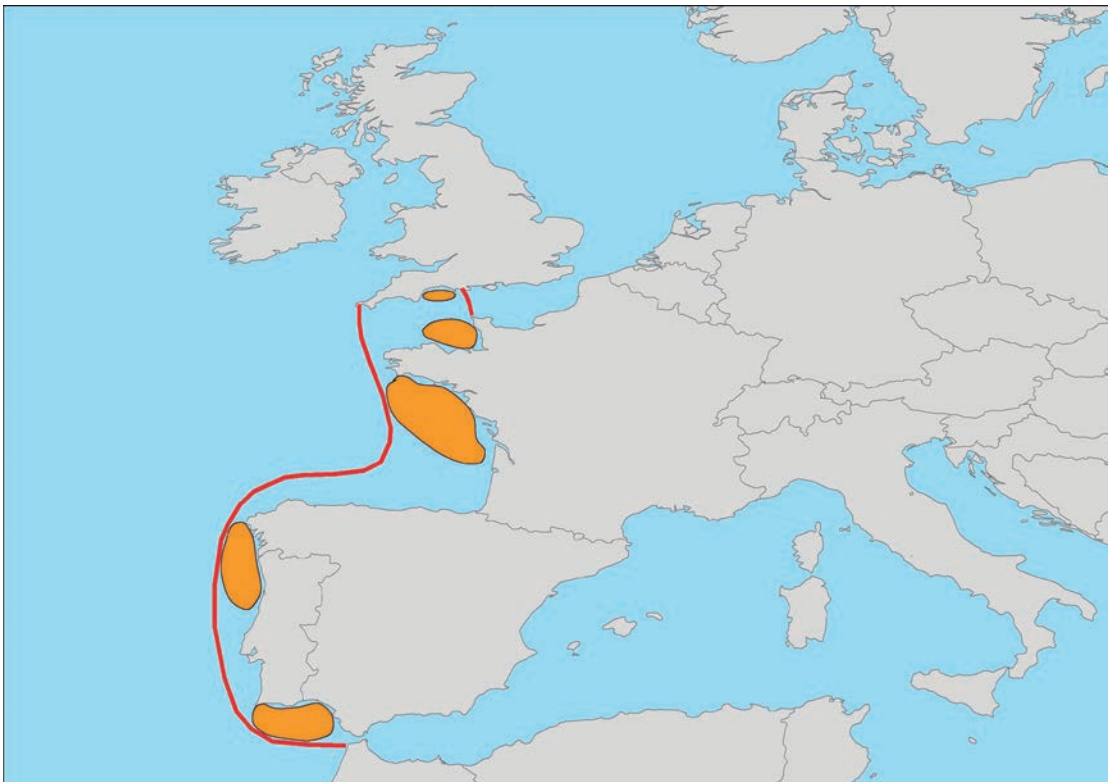


Figura 3. La migració postnupcial de *Puffinus mauretanicus* porta les aus al Golf de Càdiz, costa atlàntica de tota la península, golf de Biscaia, Bretanya i costa sud de Gran Bretanya.

Durant l'època postnupcial, les aus es concentren en esbards de cents o mils d'individus, associats a stocks de petits peixos pelàgics (Palomera *et al.* 2007, Bellido *et al.* 2008), en zones d'alta productivitat: badia de Càdiz, costa portuguesa, golf de Biscaia i oest del Canal. És molt important la concentració postnupcial en aigües de Portugal (Poot 2005, Ramirez *et al.* 2009), on la captura accidental en arts d'encerclament és molt rellevant: Oliveira *et al.* 2015 detecta una mitjana de 7,75 aus capturades en cada operació pesquera. Arriben a aigües gallegues (Mouriño *et al.* 2003), cantàbriques i franceses (Arcos *et al.* 2009, Gutiérrez *et al.* 1995, Plestan *et al.* 2009, Yésou 2003). En els darrers anys, s'incrementen les observacions cap al nord, al Canal de la Mànega i costes britàniques, que s'han relacionat en canvis de les temperatures marines superficials (Wynn i Yésou 2007, Wynn *et al.* 2007), tot i que no es poden descartar altres factors, com són canvis en pràctiques pesqueres o intensitat d'observacions (Votier *et al.* 2008). Fora d'època de cria, el comportament de l'espècie sembla més costaner. (Arcos 2001a, Arcos *et al.* 2009).

La conservació del virot petit ha rebut atenció reiterada a nivell local, estatal (MARM 2005) i internacional, en especial amb la revisió de l'Estrategia europea (Arcos 2011a), fonamentada en la situació de risc considerat crític amb els criteris d'IUCN, pel reduït tamany de la població i la rapidesa del declivi (avaluat en el -7.4% per any). Cal dir, tanmateix, que el primer model de PVA (Population Viability Analysis) (Oró *et al.* 2004) que preveia una extinció en 40 anys, ha estat revisat a un temps probable d'extinció de 61 anys (Genovard *et al.* 2016) i que les dades de recomptes a Gibraltar no s'ajusten al declivi descrit en els models. Alguns autors han destacat que les dades de base s'han obtingut a poques colònies, la qual cosa pot implicar un biaix de resultats (Tavecchia *et al.* 2008).

Els factors majors de risc identificats en els plans de recuperació són els carnívors introduïts en colònies de nidificació i la captura accidental en arts de pesca, factors que afecten la supervivència adulta (Cooper *et al.* 2003, Louzao *et al.* 2004, Louzao *et al.* 2011), així com els riscos d'episodis greus de contaminació marina, la limitació de recursos per sobre-exploació pesquera, rossegadors a les colònies, canvis ambientals, degradació de l'hàbitat, molèsties a zones de cria, captura intencionada i la possibilitat de desenvolupament de plantes eòliques marines (Arcos 2011a).

També s'ha detectat (Oró *et al.* 2007) una elevada concentració de mercuri a les plomes (no tant gran, però, com en altres espècies), atribuïda a la importància dels rebuigs pesquers a la dieta (restes bentònics, amb major concentració de metalls pesants). El tema mereixeria més recerca, però no hi ha nivells anormals d'eclosió a les colònies, de manera que provisionalment podem descartar que la contaminació tenguí rellevància demogràfica.

Atesa la relació de les zones d'alimentació durant la reproducció i determinades pesqueries continentals i la importància dels rebuigs de pesca per a l'espècie (Arcos *et al.* 2008, Louzao *et al.* 2006a, Navarro *et al.* 2009), la supressió d'aquests imposada per la normativa europea¹, i l'establiment de períodes de vedes comercials pesqueres podrien tenir efectes perniciosos sobre la productivitat de les colònies. S'han constatat canvis importants de productivitat anual segons els anys, lligats amb tota probabilitat a la disponibilitat d'aliment (Louzao, M. 2006, Louzao *et al.* 2006a). Cal esmentar que el projecte europeu DISCBIRD Effects of changes in fishery discarding rates on seabird communities, executat per l'IMEDEA, ha confirmat en aquest sentit les dades de la primera tesi dedicada a l'espècie (Louzao 2006; Louzao *et al.* 2007) que indicava una alta dependència d'aquest recurs artificial. Convé tenir present que l'ecosistema marí, en especial a aigües europees, està profundament modificat per l'explotació pesquera, de manera que la suposició que les espècies puguin conservar-se sense els rebuigs pesquers no respon a un plantejament realista.

Igualment, cal senyalar que s'han constatat indicis preocupants de la mort de virots petits per l'ingesta de fragments plàstics que poden ocasionar obstrucció intestinal, un factor de mortalitat acreditat i rellevant en altres espècies d'aus marines (Codina Garcia *et al.* 2013, J.Jiménez, c.p.). La predació per falcó peregrí pot tenir rellevància local (Garcia 2009,) i cal fer-hi atenció: es va detectar un cas de conducta aberrant de falcons peregrins a Menorca, amb una parella especialitzada a

1 Sembla que l'aplicació d'aquestes normes està en revisió, i el problema per a les aus marines podria ser menor del que suposaria una aplicació estricta (A.Grau,c.p.)

capturar virots a terra, de nit, conducta tal vegada afavorida per la il·luminació artificial propera (Wynn *et al.* 2010). Els rapinyaires veran ser objecte de translocació a llarga distància.

En el Parc nacional de Cabrera s'ha avaluat, amb una estimació basada en indicis de presència a terra i efectius als esbarts posats a mar a posta de sol, una població nidificant total de 450 parelles (any 2008). Un esforç considerable de detecció i localització de parelles nidificants ha estat efectuat durant el 2018, que ha permès situar nous caus de nidificació a l'Illa dels Conills. Les dades d'aquesta campanya estan pendents d'avaluació en el moment de redactar aquest article, però podrien ser compatibles amb una avaluació d'efectius lleugerament més alta.

El seguiment de la població del parc nacional (Encabo i Herrero 2012) va suposar avaluar un increment mig del 17% anual entre 1998 i 2010. Aquesta xifra és probablement més atribuïble a un increment de l'esforç de prospecció i l'experiència dels equips humans que no a un canvi tan significatiu dels efectius locals, pràcticament impossible amb els paràmetres demogràfics de l'espècie.

És interessant remarcar l'observació d'Oró *et al.* 2007, segons la qual la supervivència adulta de les aus de Cabrera és significativament major que en altres colònies (0,88 front a 0,78), dada que convendria confirmar ja que la mostra per al càlcul va ser reduïda, com senyala el mateix autor.

Juste *et al.* 2007 han estudiat les taxes d'emigració i immigració dels individus reproductors a Cabrera en base a informació genètica, i el resultat resulta sorprenent: Cabrera actuaria com a imbornal, i els efectius es mantindrien amb aportats d'altres colònies (la qual cosa no és coherent amb les dades de supervivència que hem resumit en el paràgraf anterior). És possible que això pugui explicar-se si les dades genètiques responen a la situació prèvia a les mesures de protecció efectiva, i especialment de desratització dels illots. En qualsevol cas, cal mantenir aquí i en altres localitats els esforços de restauració biològica de les illes, eliminant espècies introduïdes, com són rossegadors i carnívors.

Finalment, val la pena anotar que el virot petit era l'au més important a la dieta dels monjos del monestir bizantí de Cabrera del s. VII, molt per davant que el virot gros i el corbmarí, igualment detectats en el jaciment excavat (Riera, 2014). Una dada que resulta indicativa d'una major abundància local de l'espècie en temps històrics.

Taula II. Efectius estimats de la població nidificant de *Puffinus mauretanicus* al Parc Nacional de Cabrera. (Elaboració personal sobre bibliografia).

Cabrera Gran (Picamosques-Penyal Roig)	25-50 p
Illa dels Conills	250-350 p
Na Pobra	8 – 10 p
Redona	20-30 p
Na Plana	2 – 4 p
L'Imperial	35 p
Reproducció esporàdica a Ses Rates i Fonoll.	
TOTAL	340-480 parelles

Calonectris diomedea diomedea, VIROT GROS

En el període analitzat, pel que fa al coneixement de l'espècie, destaca l'*split* taxonòmic que se li ha aplicat, separant específicament les poblacions atlàntiques (actualment *Calonectris borealis*) de les mediterrànies (*C. diomedea*) per subtils diferències genètiques, fenotípiques i ecològiques. La separació ha estat acceptada per entitats de referència (BirdLife, BTO), però no tots els especialistes comparteixen aquest criteri (Gómez-Díaz *et al.* 2009) i consideren més prudent l'adscripció

subespecífica de les dues formes, per altra banda difícils de distinguir sense manipular els animals (la diferència més visible és el color inferior de les remeres, fosques en la forma atlàntica). També ha estat proposat adscriure aquestes espècies al gènere *Procellaria*, sense un acord definitiu dels taxònoms en aquest canvi.

La forma atlàntica (nidificant des de Cap Verd a Açores) penetra lleument a la Mediterrània, amb una petita colònia a Almeria (Isla Terrerós), algunes parelles a Chafarinas i als Columbrets, on la majoria de les nidificants són mediterrànies. Curiosament, *borealis* és més uniforme genèticament que *diomedea*, la qual presenta lleugeres diferències entre les poblacions orientals i occidentals de la Mediterrània (Gómez Diaz *et al* 2009). Aquests autors destaquen la marcada filopàtria d'aquestes aus, que s'estableixen per a la reproducció a la mateixa colònia on neixen o molt pròxima (< 300 km), tot i que han constatat alguns casos aïllats de dispersió major (> 1000 km).

En un treball anterior (Gómez Diaz *et al.* 2007) es varen analitzar les diferències genètiques dels insectes paràsits del plomatge dels virots, tres *Phthiraptera* (polls) i un sifonàpter generalista (puça). Aquest darrer presenta més variació genètica intraespecífica que els polls, els quals són específics dels virots. Aquests resultats indiquen que la taxa de canvi evolutiu dels paràsits és més reduïda del que s'havia considerat, o que pot haver-hi intercanvi de paràsits en les àrees d'hivernada, on coincideixen virots d'origens diferents (intercanvi difícil d'explicar per l'etologia de les aus, que no es posen a terra a l'hivern, i amb escassos contactes físics entre individus fora de les colònies!)

Les principals novetats biològiques del coneixement de l'espècie en aquest segle ha estat la considerable millora en el coneixement de la dispersió de les aus, tant en el període reproductiu com en la migració i hivernada, que resumim en els mapes 4 i 5, elaborats a partir de l'excel·lent síntesi de Reyes-González *et al.* 2017, on també s'inclou una acurada descripció dels mètodes i tècniques de seguiment. En resum, s'ha demostrat que el territori d'alimentació de les colònies balears inclou tant les plataformes continentals de l'arxipèlag com les de tota la costa oriental de la península, el Golf de Lleó i el litoral algerià, amb desplaçaments fins a Sardenya i el Marroc. La major part de viatges d'alimentació es limiten a la plataforma balear (per alimentar el poll), amb alguns més esporàdics a les costes continentals (per recuperar condició física). Hi ha estratègies diferents segons els diferents moments de la cria (pre-posta, incubació, alimentació del poll). Més espectacular encara és el període postnupcial, fins a les àrees oceàniques d'elevada productivitat (Banc Saharià, Golf de Guinea i Namíbia), en un viatge migratori notablement ràpid: les aus arriben a les zones d'hivernada en un període aproximat de quinze dies. El virots atlàntics usen també altres zones d'alimentació postnupcial (costes del Brasil, mar de les Antilles, Açores...) i alguns exemplars arriben a penetrar a l'Oceà Índic remontant el Canal de Moçambic. Hi ha una estratègia migratòria diferenciada entre *diomedea* i *borealis*. Hi ha aus d'aquest darrer tàxon que creuen l'Atlàntic quatre vegades en el període postnupcial, en un viatge oceànic que supera els 25.000 km en quatre mesos! Els desplaçaments van lligats al règim de vents, i és curiós com el viatge prenupcial (igualmente ràpid) segueix la pauta de navegació que adoptaren els mariners portuguesos del segle XV, la "volta da fora" que implicava allunyar-se considerablement de les costes africanes per aconseguir vents favorables per al retorn.

Hi ha consens entre els especialistes que la captura accidental en arts de pesca, i en especial amb palangres, és un factor de mortalitat molt preocupant. Des del treball de Sanchez 1998, quan es va constatar que poden estar produint-se 500 captures anuals entorn dels Columbrets, s'ha considerat possible que del 4 al 6 % de la població reproductora de l'espècie mori anulament per aquesta causa (Arcos *et al.* 2008), ja que *Calonectris* és l'espècie que amb major freqüència (93% dels casos) intenta depredar les esques en el moment de la calada (62% de calades). Però les observacions de l'equip de la Universitat de Barcelona a la colònia de Cala Morell no ha permès detectar que aquesta mortalitat es produeixi en època de nidificació (Bécares *et al* 2010). Segons informacions de diferents experts (Calviño, T.Grau, c.p.), la mortalitat és elevada a l'entrada dels virots des de l'Atlàntic, a finals d'hivern o principis de primavera, quan una part considerable de la flora artesanal d'aquestes aigües usa palangres i les aus arriben sense reserves després de la migració; quan s'obri la veda de la llagosta, la intensitat del palangre disminueix en favor de la xarxa llagostera, i en conseqüència, disminueixen o acaben les captures accidentals de virots.



Figura 4. Les zones d'alimentació de *Calonectris diomedea* en època de reproducció són bàsicament entorn de l'arxipèlag, amb ocasionals visites a les costes continentals europea i africana, i fins i tot la plataforma sarda.

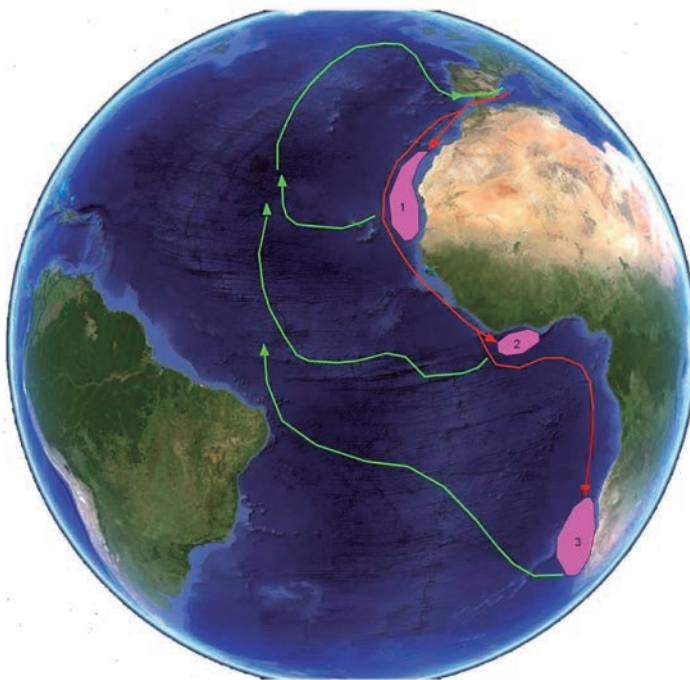


Figura 5. La migració postnupcial de *Calonectris diomedea* suposa un desplaçament a l'Atlàntic i estades successives en zones d'alta productivitat, i arriben fins i tot a la costa de Namíbia. El retorn prenupcial s'efectua amb desplaçaments més occidentals.

La colònia balear amb una demografia més ben coneguda és El Pantaleu, a Sant Elm, on l'equip de l'IMEDEA manté des de fa anys un esforç molt considerable de seguiment. Des del 2001, constaten una caiguda del nombre de nius ocupats, compensat amb l'aparició de nous nius, de manera que el nombre total es manté pràcticament estable, entorn de les 200 parelles. Aquests autors consideren que es manté gràcies a la immigració d'aus foranes, tal vegada de la Mediterrània central on, com és sabut, nidifica més del 80 % de la població mediterrània. A l'Illa de Zembra un acurat estudi de densitats i mostreig ha permès avaluar la població en 141.000 parelles (Defos du Rau, 2012). La població de la Mediterrània oriental també és més gran del que s'havia publicat, amb 8.000-11.000 parelles a Grècia (Karris *et al.* 2016).

Els efectius a les Balears son, com a mínim, de 4,500 a 5,200 parelles (hi ha una incertesa inevitable quan als efectius de Cala Morell (Menorca), on el relleu impedeix un recompte precís) amb més de vint i cinc localitats amb nidificació comprovada.

Quan als nuclis de reproducció a Cabrera, Mas i Muntaner 2016a varen publicar una bona revisió, però les estimacions poblacionals dels efectius al Parc Nacional s'han efectuat amb metodologies diverses entre la simple adició dels nombres de nius coneguts a cada illa, fins a considerar que els exemplars comptats a la mar a posta de sol corresponen a adults reproductors. Tot i que les diferències interanuals, molt importants, responen probablement a les diferències metodològiques i de criteri dels distints autors, sembla més raonable inferir una tendència a l'increment d'efectius que al contrari. També apunta a aquesta conclusió el fet que el 2018 s'han registrat a l'Estell Xapat la xifra de reproductors més elevada des que tenim registres: 139 parelles (Garcia, E. c.p.).

Distints estudis de la productivitat de Cabrera coincideixen en que l'èxit reproductor és elevat, proper al 0,75 (dels més alts coneguts a la Mediterrània). Les pèrdues detectades corresponen sobre tot al període d'incubació, i en alguns anys han estat relativament elevades per la colonització de rata negra en algun illot (on han estat eradicades posteriorment).

En els anys 80 i 90 es va fer un esforç interessantíssim d'anellatge de virots a Cabrera per part de voluntaris del GOB, que pernoctaven una nit en els distints illots per marcar joves i adults (2.512 polls i 2.079 adults en el període 1978-1994, amb centenars de controls d'aus anellades). És llàstima que aquesta activitat fos interrompuda, i seria d'un interès evident reemprendre aquestes campanyes, amb una millora de protocols que permetrien disposar d'informacions valuosíssimes per determinar millor la dinàmica demogràfica i la situació de conservació de l'espècie a Cabrera, amb una activitat de voluntariat d'alta qualitat, i una experiència valuosíssima per als que hi participin.

Taula III. Efectius estimats de la població nidificant de *Calonectris diomedea* al Parc Nacional de Cabrera. (Elaboració personal sobre bibliografia).

Foradada	30 p	Bledes	30-35 p
Na Pobre	50-70 p	Estell Teula	30-50 p
Na Plana	110-130 p	Estell Xapat	140 p
Espanja	1-10 p	Estells fora	20-30 p
Conills	5-20 p	Rates	5-10 p
Rodona	5-20 p	TOTAL	421-545 parelles

Hydrobates pelagicus, NONETA

Hi ha hagut avanços en el coneixement taxonòmic de l'espècie: Les diferències morfològiques i genètiques entre les subespècies *pelagicus* (atlàntica) i *melitensis* (mediterrània) són importants, i hi ha menys diversitat genètica dins de la població mediterrània que dins l'atlàntica. Sembla clar que la divergència de les dues subespècies és conseqüència dels canvis paleogeogràfics de l'Estret, que la Mediterrània es va recolonitzar des de l'Atlàntic i que l'edat més modesta de la forma mediterrània explica una menor diferenciació interna (Cagnon *et al.* 2004).

Aquesta espècie ha proporcionat poques novetats a les Balears. A tall de resum, podem recordar que es coneixen 17 colònies a l'arxipèlag i que l'abundància és major a les Pitiüses. Existeix una impossibilitat física de quantificar-ne els efectius, que en qualsevol cas han de superar àmpliament el milenar de parelles. Entre els anys 2001 i 2009, la intensa dedicació d'Enric Ramos a l'anellatge nocturn amb reclam (fora de colònies de cria) ha permès el marcatge de quasi 15.000 nonetes a Mallorca, (Sens dubte, la xifra major de la Mediterrània) amb alguns controls d'aus anellades a Benidorm i Múrsia, i recuperacions a la Costa Brava, a Marettimo (Sicília) i al NW del Marroc (Atlàntic). Recentment s'ha iniciat un monitoreig sistemàtic de la colònia de S'Espartar, a Eivissa, la més gran coneguda de les Balears (Minguez *et al.* 2015) L'espècie és estable o expansiva.

Quan a factors limitants, Skua 2003 va localitzar 31 egagròpiles de *Larus michahellis* a Cabrera que contenien restes de noneta, a quatre illes distintes. L'any 2010 es va detectar una predació sistemàtica a una de les colònies de Na Plana, i se'n va identificar el causant amb fototrampeig, resultant ser un falcó peregrí (Herrero, 2011). Tot i que es va considerar la possibilitat de trasllucar els falcons que ocasionaven aquesta mortalitat, es va optar per no intervenir, ja que la noneta no està considerada amenaçada, i no hi havia cap indicatiu que aquest episodi tengués cap component antròpic, és a dir, es va optar per respectar un procés natural tot i el risc que suposava per a un nucli concret de nidificació. Enguany, 2018, s'ha constatat que aquest nucli de cria manté efectius similars als d'anys anteriors. El grup de cria més important de Cabrera es troba a una cavitat de l'illa Pobre, amb seguretat la que va ser explorada per Ph.W.Munn el maig de 1943. En aquesta cavitat, el 2018 els efectius presents són els més grans mai detectats, una evidència molt positiva de l'estat de conservació de l'espècie al Parc nacional de Cabrera (García, E. c.p.). Cal destacar que el seguiment a Cabrera ha permès constatar la influència de les condicions meteorològiques anuals per a l'èxit reproductor: en cas de primaveres plujoses, la productivitat pot caure de 0,8 (valor normal) a 0,4 (Skua, 2003).

Senyalem, finalment, un altre indicatiu clar d'expansió, lligat a les desratitzacions efectuades al Parc Nacional. Enguany, per primera vegada, s'han detectat dues parelles a l'Illa dels Conills i dues/tres a l'Illa de Ses Rates (García, E. c.p.), illes on la nidificació de l'espècie mai havia estat detectada. Atès que la noneta és estrictament incompatible amb la presència de rates, l'inici de colonització de les illes desratitzades s'ha de considerar una novetat molt positiva de cara al futur demogràfic de l'espècie, i una prova més de la utilitat de la restauració biològica que suposa l'eliminació d'espècies invasores en les illes deshabitades.

Taula IV. Parelles d'*Hydrobates pelagicus* en els dos nuclis més importants coneguts al Parc nacional de Cabrera.

Localització	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2018
Cova des virots (na Pobra)	31	33	23	29	37	37	37	36	62	49	75
el Túnel (na Plana)	9	13	12	15	16	19	18	15	19	12	13
TOTAL	40	46	35	44	53	56	55	51	81	61	88

Phalacrocorax aristotelis desmarestii, CORBMARÍ

No hi ha hagut canvis taxonòmics ni estudis genètics sobre aquesta espècie en els darrers anys.

El Corbmarí ha estat objecte de seguiment radiotelemètric a Mallorca i s'ha confirmat el sedentarisme de les aus adultes de les Balears i una certa tendència dispersiva dels juvenils. Un jove marcat a Formentor va donar pràcticament mitja volta a Mallorca (350 km) en un període de 10 dies, incloses dues anades a Cabrera, i en canvi un adult marcat a la mateixa colònia no va abandonar la badia de Pollença entre els mesos de març a agost (Arcos, 2010). Els anellaments amb PVC (legibles a distància) han permès observacions de corbmarins caprerencs al Cap de Ses Salines, Alcúdia, Cubelles i Delta del Tordera. En els darrers anys, hi ha una progressiva ocupació de les costes continentals (on l'espècie no criava dècades enrera) a partir d'exemplars balearics.

A Cabrera se'n va fer un seguiment específic molt detallat l'any 2011 (Enbabo i Herrero, 2012). Es detectaren 106 parelles a tot l'arxipèlag; les primeres postes es detectaren a principis de gener, amb un segon període a finals de març i abril. El tamany mig de les postes va ser de 2,31 (2010) i 2,98 (2011), i els polls volats per niu de 1,44 i 1,45 respectivament. Com a dates extremes de reproducció, cal assenyalar que el 28/11/2006 es veren dos nius amb posta, i encara es va observar un adult covant (en un altre niu) l'1 de juny de 2010.

Com a resum general de la dinàmica de la població del corbmarí a Cabrera, cal destacar la forta variabilitat interanual, entre 90 i 160 pp (les xifres poden no ser estrictament comparables, per la diferència entre els mètodes aplicats pels diferents equips de feina). Es considera que es manté un promig de l'ordre de 125 parelles, amb una lleugera tendència expansiva. Aquesta dinàmica és la general a les Balears, on es va passar de 1.450 parelles el 1983 a 2.000 el 2010, amb un increment especialment notable a les Pitiüses (Álvarez i Velandó 2007, Ramos *et al.* 2011). El 2006, se detectaren 381 parelles en 32 colònies entre Eivissa i Formentera, un 33,7% més que en el recompte anterior (2004/05) (García 2006a).

La captura accidental en arts de pesca és el factor de mortalitat no natural més rellevant: estan documentades cinc captures amb xerxes a Cabrera el 2005 i una el 2008 (que evidentment són sols una part de les que es produeixen). A altres localitats de les Balears es coneixen captures amb ans de pesca recreativa, menys rellevants. Un seguiment de tresmalls el 2010, amb 22.050 m de calada, no va detectar cap captura. Tot i que a les Balears no en coneixem cap episodi, cal evocar la mort del 75% dels efectius de la colònia de les Illes Medes l'any 2014 (d'un total poblacional de 20 parelles) per una marea roja: la toxicitat dels dinoflagelats era tan elevada que es va arribar a trobar algun exemplar amb peixos tòxics pràcticament indigerits. La colònia hores d'ara no ha recuperat els seus efectius. S'ha comprovat que aquest factor de mortalitat afecta també virots de llevant i virots grossos a la costa catalana (R.Gutiérrez, c.p.).

Un resum de les dades demogràfiques conegudes a Cabrera (segons els informes de seguiment ressenyats a la bibliografia) queda inclòs a la taula V.

Taula V. Parelles nidificants de *Phalacrocorax aristotelis* al Parc nacional de Cabrera segons diversos informes de seguiment (veure bibliografia).

Localització	2004	2005	2007	2008	2011
Illa Conills	100	75	121	68	68
Na Redona	13	20	17	11	28
L'Imperial	4	7	10	2	1
Estells	7	6	7	5	4
Na Pobra			2	0	1
Cap Ventós			2	3	4
TOTAL	124	108	159	89	106

Larus audouinii, GAVINA ROJA

La gavina roja va ser descoberta com a nidificant a Cabrera per Munn (1943), que discretament (en aquells anys hi havia tràfic d'ous per col·leccionistes) no va identificar la localitat on va descobrir el niu. La coincidència de data (5 de maig de 1941) amb la visita a la Cova dels Virots a Na Pobra, ens permet concloure que la "*roky desert islet*" havia de ser una de les de l'arxipèlag, tot i que no necessàriament na Pobra. No hi ha noves observacions publicades fins a vint-i-cinc anys més tard, quan es descriuen detalls de plomatge en base a observacions fetes al litoral de Mallorca (Wallace, 1969). Aquell mateix any es troba una colònia a un illot d'Eivissa, amb 30 parelles (Mester, 1971).

Aquesta espècie és l'au marina mediterrània que ha presentat canvis demogràfics (i biològics) més espectaculars en el darrer mig segle, passant de ser considerada la gavina més amenaçada del món (població avaluada en 800-1.000 parelles el 1968, probablement una subestima) a una espècie de preocupació menor a l'actualitat (21.300 – 22.3000 al 2016, segons BirdLife), amb una expansió poblacional espectacular a la Mediterrània occidental, amb poblacions orientals molt més modestes. Amb tota probabilitat, és un efecte del que Martínez Abraïn (2018) ha denominat “Pax Romana” amb les espècies, el final d'una persecució directa per part de l'home fins temps molt recents. En aquest cas, es deu al final de la intensa recol·lecció d'ous pels habitants del litoral i de la pastura de porcs a certs illots, consumidors golafres d'ous i polls de gavina, pràctiques que sols varen desaparèixer, a les Balears, els anys 80 de la centúria passada. Cal tenir present que les colònies de cria de l'espècie són sempre més compactes que les de l'altra gavina reproductora aquí, *L. michahellis*. Per tant, per als recol·lectors, era més fàcil localitzar el niu de gavina roja que no els de l'altra. D'altra banda, la roja és també una espècie amb capacitat d'adaptar-se a noves situacions: quan les poblacions esdevingueren nombroses va deixar de refugiar-se exclusivament a illots, per ocupar maresmes costeres (Delta de l'Ebre des del 1981) salines (diversos milers de parelles a salines de Murcia i Alacant en la present dècada) i hàbitats totalment artificials en infraestructures portuàries, on actualment es concentra el gruix de la població mundial (Taula VI). A més, aquest increment ha coincidit amb l'aprofitament del rebutjos generats per les barques d'arrossegament, que han estat intensament estudiats pels investigadors que treballen amb aquesta espècie.

Taula VI. Parelles de *Larus audouinii* nidificants a ports de la Mediterrània occidental l'any 2018 (De Gutierrez, R. I Gómez, J.A., c.p.).

Barcelona	Tarragona	Castelló	València
582	941	3.433	1.006

El coneixement de la seva biologia quan a dispersió i migració ha millorat enormement gràcies a dues tècniques complementàries, que han proporcionat una quantitat de dades impensable fa sols unes dècades. La primera va ser l'ús d'anelles de PVC legibles a distància (des de 1988) que poden proporcionar observacions successives del mateix exemplar; i la segona, el marcatge d'aus amb dispositius electrònics. Diversos equips d'ornitòlegs han anellat més de 56.000 gavines, de les quals han marcat amb PVC 45.909 aus a les colònies espanyoles, que han proporcionat 63.592 dades de 15.548 exemplars. D'aquestes, 847 han estat marcades a quatre colònies de reproducció situades a l'arxipèlag de Cabrera entre el 1988 i el 2000. Altres 23 aus varen ser dotades d'aparells de seguiment satel·lital, amb més de 50.000 dades generades; i 99 aus s'han dotat de GPS, amb 89.900 localitzacions. S'han marcat aus amb aquests mètodes electrònics a l'illa de l'Aire i la Conillera d'Eivissa, pel que fa a les Balears. Aquesta immensa quantitat d'informació, admirablement processada per Bécars 2016, ens ha proporcionat un coneixement complet dels moïments i les migracions de la gavina roja. La lectura de publicació on-line d'aquest treball, que inclou animacions cartogràfiques d'aquests processos, és molt recomanable. Els ornitòlegs que hem treballat amb anelles convencionals no podiem imaginar, fa relativament poc temps, que un volum d'informació com aquest seria mai disponible!

En resum, tenim evidències de desplaçaments diaris a distàncies moderades durant l'època de cria (algunes desenes de kms entorn de les colònies, amb un recorregut individual mig de 94,5 km), sense excloure desplaçaments molt més importants, de cents de kms, per alimentar-se en les costes continentals ibèriques i nordafricanes. Cada gavina, en el període de cria, acumula un total de 8.600 km de desplaçaments a la recerca d'aliment. És interessant anotar que les gavines roges han esdevingut predadores freqüents del cranc americà als arroçars de l'Albufera de València i al Delta de l'Ebre, innovació biològica notable ja que anys enrera aquesta espècie s'observava exclusivament al mar o al litoral i no penetrava a aigües interiors. La migració s'inicia just acabada la cria, amb un màxim de pas per Gibraltar cap a l'Atlàntic. Hi ha una concentració d'aus al Golf de Cádiz, amb estades més o menys llargues, i el gruix de les aus continua viatge seguint la costa africana, fins a les costes de Senegal i Gàmbia, on l'arribada general és al fi de Setembre. Hi ha dos períodes de migració cap al sud, del fi de juliol i l'agost, i més tard, de mig octubre a desembre. Les aus joves fan els desplaçaments més llargs. Durant l'hivern hi ha desplaçaments d'amplitud variable, i al

febrer s'inicia el retorn migratori, que és general al març i s'estén fins a l'abril. Una minoria d'aus (al pareixer, les de més edat) hivernen a la Mediterrània, de 200 a 250 individus a les Balears. Per regla general, cada ocell té tendència a hivernar als mateixos llocs cada any, igual que hi ha tendència a retornar a la mateixa colònia de cria,

Cal destacar també que el 2014 encara s'observaven aus marcades el 1988, per tant, de 27 anys d'edat! També val la pena esmentar que en els darrers anys han començat a compareixer exemplars juvenils a llacunes de l'interior peninsular, fins a Extremadura, i a les costes gallegues i cantàbriques, un comportament inèdit fins fa pocs anys, que indica la plasticitat etològica de l'espècie i la seva expansió.

A les Balears, la població ha evolucionat positivament des dels anys 80, fins arribar a un màxim de 1.956 parelles nidificants el 2001 (Muntaner, 2003). Posteriorment s'inicia un descens moderat o una certa estabilitat en aquest segle. L'interès de l'espècie pels rebuigs pesquers està en relació amb la freqüència en què les colònies se solen establir a la proximitat de ports (Andratx, Cala Figuera, Vila d'Eivissa...) i no podem descartar que la modèstia dels efectius al Parc nacional estigui relacionat amb la inexistència de pesca d'arrossec (i per tant, de descartaments). Aquest recurs és massivament explotat a la costa peninsular, i té a veure amb els hàbits parcialment nocturns d'aquesta gavina, més accentuats que en altres espècies del gènere.

La relació simbiòtica de la gavina roja amb l'espècie humana és evident també en el cas de la pesca recreativa: és freqüentíssima l'associació d'una o dues gavines amb cada embarcació de pesca amb volantí o canya; l'au es posa a pocs metres de la barca, a l'espera d'algun peix rebutjat o escapat o qualsevol resta orgànic. Aquesta interacció dóna lloc a ocasional captura accidental, que també pot produir-se amb pesca recreativa des de terra o a la fluixa: no és infreqüent trobar gavines mortes a les colònies amb hams recreatius i fragments de fil de niló més o menys llargs. De fet, se sospita que la deserció d'una colònia a l'illa dels Conills fa pocs anys podria haver estat causada per un accident d'aquest tipus: una gavina adulta havia mort en embullar-se el fil de pesca a la vegetació; la dura i perllongada agonia de l'animal podria haver provocat el pànic d'altres aus i l'abandonament de la colònia (Malmierca, c.p.).

A l'arxipèlag de Cabrera l'evolució ha transcorregut de forma similar a la resta de les Balears, amb un màxim de 400 parelles reproductores els anys 1996 y 1997. Posteriorment, es redueix seguint la tònica de la resta d'illes Balears amb anys que ni arriba a nidificar (Taula VII).

Taula VII. Parelles nidificants de *Larus audouinii* en el Parc nacional de Cabrera. (No figuren els anys sense informació).(De memòries del Parc Nacional i Vicens, P. c.p.).

2000	2006	2007	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
212	221	39	0	0	50	20	48	0	60	99	110-125

L'espècie presenta una elevada tendència a itinerar, es a dir, a canviar d'ubicació les seves colònies d'un any per a l'altre. Aquesta itinerància ha estat molt accentuada a Cabrera, a on disposa de nombrosos illots. La disminució de les colònies al Parc ha coincidit amb l'aparició de noves molt a prop, com són el illots de la Colònia de Sant Jordi i també les del ponent i Migjorn de Mallorca. Les lectures d'anells de PVC de gavines anellades a Cabrera en aquest darrers illots avalen aquesta hipòtesi (Muntaner, 2003).

Larus michahellis, GAVINA DE PEUS GROCS

La gavina de peus grocs és una espècie conflictiva, en haver experimentat un increment demogràfic espectacular en el darrer quart del segle XX. L'expansió estimada a les Balears en els anys 80 era del 13% anual. El motiu de l'expansió va ser doble. Per una banda, la pràctica desaparició de pressió humana a les colònies, on la recol·lecció d'ous havia estat tradicionalment practicada per aliment humà a la qual s'afegia, en alguns illots, la pastura de porcs, gran destructors de nius i polls. Aquesta darrera pràctica havia existit a les colònies actuals més nodrides de Mallorca: l'illa dels Conills,

probablement fins als anys 70; i a Sa Dragonera fins a l'any 1987, quan el Consell en va adquirir la propietat. El segon factor per a l'explosió demogràfica, segurament el més transcendent, va ser l'increment de residus sòlids urbans conseqüència de l'economia turística: els abocadors a l'aire lliure proliferaren els anys 70 arreu de les Balears; els anys 80 es concentraren en un gran abocador a cada illa, que es mantingueren fins els anys 90 a Menorca, el 2006 a Formentera) i el 2008 a Son Reus (Mallorca). L'abocador d'Eivissa continua encara avui operatiu, alimentant diàriament cents o mils de gavines, alguna de les quals hi arriba des de Sa Dragonera (Tavecchia, c.p.).

Davant l'expansió continuada de les poblacions i el seu impacte en altres espècies silvestres, la seguretat aèria i altres activitats humanes, els anys 80 s'iniciaren campanyes de control amb el procediment de *culling* (sacrifici selectiu d'adults a colònies amb sobredosi narcòtica), substituït posteriorment per abatiment d'aus a abocadors de residus. A les campanyes de *culling* es procedia també a l'esterilització d'ous. Entre els anys 1988 i 2004, es sacrificaren més de 43.000 aus i s'esterilitzaren 80.000 ous. A aquests controls s'ha d'afegir les captures que s'autoritzen als caçadors per afeccions a la fauna cinegètica als vedats de caça i que podrien ser d'un miler d'aus cada any. Aquesta pressió i el tancament de la major part d'abocadors va fer que la tendència demogràfica s'invertís. Una petita part de les campanyes de control poblacional es va efectuar a Cabrera; l'any 2001, se sacrificaren 216 adults a l'Illa dels Conills i s'hi esterilitzaren 517 ous. (G.O.B., sense data). I el 2003 se sacrificaren 184 parelles i 421 ous foren esterilitzats. A Cabrera s'han detectat impactes d'aquesta espècie sobre sargantanes, nonetes, virot petit i gavina roja; cleptoparasitisme sobre l'àguila peixatera, i és probable sobre falcó peregrí, falcó marí i virot gros (Tragsa i Skua 2003).

El 2015 la població balear ha estat avaluada en 7.500 parelles reproductores, aproximadament la meitat de la del 2001. Entre 2003 i 2010., 2,041 aus varen ser marcades amb PVC i es confirmaren moviments molt amples de migració, amb 1,266 controls al sud de França, 915 a Catalunya, 168 al País Basc, i observacions fins a Holanda, Gran Bretanya, Galícia i Portugal. Hi ha, per tant, una dispersió cap a l'Atlàntic, més accentuada en el cas de juvenils, i un retorn general a les colònies per la filopatria de l'espècie, a principis de primavera. (Martínez-Abraín *et al.* 2002, Rodríguez i Muntaner, 2005).

La reproducció de l'espècie a Cabrera és molt important, i les dades disponibles sobre parelles reproductores (generalment en base a estimes per observació directa) en el present segle són les recollides a les taules VIII i IX.

Taula VIII. Avaluacions dels efectius reproductors de *Larus michahellis* a Cabrera (en nombre de parelles). (Informes del Parc Nacional).

2000	2001	2003	2015
1500	1400	2438	531

Taula IX. Efectius estimats de la població nidificant de *Larus michahellis* al Parc Nacional de Cabrera 2015-2017. (Elaboració personal sobre bibliografia).

Foradada	20-30 p
Na Pobre	7 - 10 p
Na Plana	16 - 20 p
Conills	425 - 500 p
Rodona	50 - 70 p
Imperial	20 - 25
Estells	5- 10 p
Rates	5 - 10
TOTAL	548-675 p

Pandion haliaetus, ÀGUILA PEIXETERA

L'evolució demogràfica de l'àguila peixatera és la més espectacular i favorable de totes les espècies d'aus del Parc Nacional. Les dades disponibles queden reflectides en la taula X.

Taula X. Parelles territorials de *Pandion haliaetus* al Parc Nacional de Cabrera en el segle XXI.

Anys	Parelles territorials /
2000 - 2013	Entre 1 i 3 parelles
2014 - 2016	4 parelles
2017	8 parelles
2018	7 parelles

La concentració l'any 2017, la més gran coneguda en la història de Cabrera, és espectacular. Si calculam la densitat en el polígon que inclou l'illa (16,2 km lineals), ens dona un niu cada 2,025 Km, similar a la més alta registrada a la Mediterrània (a la Reserva de Scandola, Còrsega).

Aquesta densitat s'explica per l'articulació de la costa cabrerenca (sempre hi ha alguna cala d'aigües tranquil·les on pescar), l'increment de les poblacions de peixos, la tranquil·litat que assegura la reglamentació del Parc i la relativa proximitat del salobrar de Campos, on probablement els adults acudeixen a pescar.

Un exemplar femella anellat a Cabrera l'any 2010 s'ha establert el 2014 a Andalusia per a nidificar, aparellant-se amb un mascle alliberat amb *hàcking* en aquella regió. Aquest fet demostra que, tot i la filopatria acaracterística de l'espècie, estam davant una població mediterrània-occidental, que s'ha de gestionar com a conjunt, en les activitats de conservació.

Falco peregrinus, FALCÓ PEREGRÍ

La migració prenupcial és el factor clau que permet una alta densitat de falcons a Cabrera, tot i que les xifres màximes registrades (11 parelles l'any 2008) han de ser considerades amb cautela, ja que en la major part dels casos no ha estat reportada la localització del niu i podria ser que alguns emplaçaments atribuïts a parelles establertes siguin en realitat atalaies de caça repetidament utilitzades, i no necessàriament parelles reproductores.

Cal recomanar un seguiment més acurat de l'espècie i la localització concreta de cada niu. L'any 2018, la població ha estat prou ben observada, i està avaluada en 5 parelles, (Salinero, en preparació) tot i que la major part de nius continuen pendents de ser localitzats amb precisió.

Falco eleonora, FALCÓ MARÍ.

El coneixement global d'aquesta espècie en el segle XXI s'ha incrementat notablement quan als efectius totals, que superen les 13.500 parelles a la seva àrea de distribució (Dimalexis *et al.* 2008. Abdendi *et al* 2016), amb una millora general dels efectius de les colònies, sostretes des de fa anys a l'espoli o predació humana i gestionades com a espai protegit en una gran part dels casos. A les Balears, ha passat d'unes 500 parelles el 1976 fins quasi 1.100 en anys recents (Mayol, 1996; Del Moral, 2008; Mas i Muntaner, 2015b) gràcies a la protecció legal de l'espècie i de les localitats de reproducció.

En el cas de Cabrera, la situació és expansiva: en els recomptes previs al Parc nacional la població era inferior a les 20 parelles, i ha incrementat els seus efectius de forma progressiva fins a les 45-50 parelles actuals. Cal destacar que fa poques dècades no nidificava a l'illa dels Conills, on avui s'estableix una considerable quantitat de parelles.

També s'ha incrementat molt el coneixement dels moviments migratoris, amb els seguiments satel·litals. Si bé la hivernada és, com ja se sabia, exclusiva a Madagascar i illes properes, el seguiment ha demostrat travessies directes del Sahara, i la importància de les zones sahelianes i tropicals, on alguns aus no reproductores poden passar diversos mesos (Gschweng *et al.* 2008, López-López *et al.*, 2010).

Aquila fasciata, ÀGUILA COABARRADA.

L'àguila coabarrada, que havia estat reproductora a les Balears fins als anys 70 del segle passat, ha estat en els darrers decennis una divagant irregular i objecte d'un projecte de reintroducció. La major part de les àguiles presents a Mallorca van dotades d'emissors satel·litals que permet un seguiment detallat de les aus. En dues ocasions, el setembre de 2016, s'han desplaçat àguiles coabarrades a Cabrera, fet que coneixem gràcies a aquests aparells, ja que no s'han registrat observacions visuals. La primera va ser un mascle del mateix any que es va mantenir a Cabrera Gran entre el 17 i el 25 del mateix mes; i la segona, una femella nascuda aquell any que va romandre a Cabrera, l'illa Pobra i l'Illa dels Conills entre el 27 i el 29 de setembre. La freqüència en que aquesta espècie depreda sobre la gavina de peus grocs pot explicar aquesta presència.

AGRAÏMENTS

Els autors volen manifestar la seva gratitud a tots els amics i ornitòlegs que han col·laborat en el seguiment de les aus de Cabrera en aquest segle, i molt en especial als que han aportat dades o observacions, aclariments i precisions en la redacció d'aquest article. Tot i el risc d'alguna omisió involuntària, volem esmentar especialment a Josep M. Arcos, Eva Garcia, María Martín, Rafel Mas, Miquel Mcminn, Jorge Moreno, Diana Salinero i Ana Sanz. Els mapes han estat dibuixats pel bon amic Ferran D. Lluch Dubon.

REFERÈNCIES

El llistat inclòs a continuació recull tant els treballs utilitzats a la redacció d'aquesta contribució com els que coneixem dedicats a l'avifauna de Cabrera, publicats o redactats després de la recopilació de Pons (ed) 2001, amb l'objectiu de mantenir al dia la bibliografia ornitològica de Cabrera, en especial pel que a a treballs no publicats, la major parts dels quals es conserven als arxius del Parc Nacional.

- Abdenbi, S. *et al.*, 2016. Conservation The Mogador Island colony of Eleonora's Falcon *Falco eleonora* Project: methods for a population assessment and study of breeding parameters. in, Yessou, P., Sultana, J., Wamsley, J. i Azafzaf, H. (Eds): *Conservation of marine and coastal birds in the Mediterranean*, p. 58-62
- Aguilar, J. S., 1997. *Plan de recuperación de la Pardela Balear (Puffinus mauretanicus)*. Palma de Mallorca, Govern Balear. Conselleria de Medi Ambient, Ordenació del Territori i Litoral. Direcció General de Medi Ambient.
- Aguilar, J.S., 1999. Species Action Plan for the Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus* in Europe. BirdLife International report to the European Commission, unpublished. (Document available at: http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/wildbirds/action_plans/docs/puffinus_puffinus_mauretanicus.pdf).
- Aguilar, J.S., Benvenuti, S., Dall'Antonia, L., McMinin-Grivé, M. i Mayol, J., 2003 Preliminary results on the foraging ecology of Balearic shearwaters (*Puffinus mauretanicus*) from bird-borne data loggers. *Scientia marina*, 67(2): 129-134.
- Aleixos, L., 2012. Observación de una excepcional concentración invernal de Pardelas balears (*Puffinus mauretanicus*) mediante censo desde la costa en Cullera (Valencia). *El Serenet-Revista de la Societat Valenciana d'Ornitologia*. 8: pp 41-44.
- Álvarez D i Velando A. 2007. El cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) en España. Población en 2006-2007 y método de censo. *Seguimiento de aves* 15. SEO/ BirdLife, Madrid.
- Araujo, J., Muñoz-Cobo, J. i Purroy, F.J. 1977. Las rapaces y aves marinas del archipiélago de Cabrera. *Naturalia hispanica*. ICONA. 94 pp.
- Arcos, J.M., 2001. Foraging ecology of seabirds at sea: significance of commercial fisheries in the NW Mediterranean. PhD thesis, Universitat de Barcelona. http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0219102-
- Arcos, J.M., 2010 Campaña de marcaje (SEO/BirdLife). Cormorán moñudo-Mallorca. Marzo 2010. Indemares. Informe inèdit. 14 pp.
- Arcos, J.M., (compiler) 2011a. *International species action plan for the Balearic shearwater, Puffinus mauretanicus*. SEO/

- BirdLife i BirdLife International. 51 pp.
- Arcos, J. M. 2011b. ¿Cuántas pardelas balears hay? Discrepancias entre los censos en colonias y en el mar. in: Valeiras, X., Muñoz, G., Bermejo, A., Arcos, J.M. y Paterson, A.M. (eds.), *Actas del 6º Congreso del GIAM y el Taller internacional sobre la Ecología de Paíños y Pardelas en el sur de Europa*. Boletín del Grupo Ibérico de Aves Marinas, 117-121.
- Arcos, J. M. 2016. Conservation of the critically endangered Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus*: an update; in Yessou, P., Sultana, J., Wamsley, J. i Azafaf, H. (eds.): *Conservation of marine and coastal birds in the Mediterranean*, p. 22-26.
- Arcos, J.M., Bécares, J., Rodríguez, B. i Ruiz, A. 2009. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves marinas en España. LIFE04NAT/ES/000049 . Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife), Madrid.
- Arcos, J. M., Louzao, M. i Oro, D. 2008. Fishery ecosystem impacts and management in the Mediterranean: seabirds point of view. in: Nielsen, J.; Dodson, J.; Friedland, K.; Hamon, T.; Hughes, N.; Musick, J.; Verspoor, E. (Eds.): *Proceedings of the Fourth World Fisheries Congress: Reconciling Fisheries with Conservation*, p. 587-596. American Fisheries Society, Symposium 49, Bethesda, MD, USA.
- Arcos, J.M. i Oro, D. 2002. Significance of fisheries discards for a threatened Mediterranean seabird, the Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus*. *Marine Ecology Progress Series*, 239:209-220.
- Arcos, J.M. i Oro, D. 2004. Pardela balear, *Puffinus mauretanicus*; in Madroño, A., González, C. i Atienza, J.C. (eds.) *Libro Rojo de las Aves de España*, p. 46-50. Dirección General para la Biodiversidad - SEO/BirdLife. Madrid.
- Arroyo, G.M., Mateos, M., Muñoz, A.R., de la Cruz, A., Cuenca, A.D. i Onrubia, A., 2016. New population estimates of the critically endangered Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus*. *Bird Conservation International* 26 (1): 87-99.
- Bécares, J. et al. 2010. Campaña de marcaje de SEO/BirdLife: Pardela cenicienta – GPS. Cala Morell (Menorca) junio-julio de 2010. Informe inédit. 52 pp.
- Bécares, J., Arcos, J.M. i Oró, D. 2016 *Migración y ecología espacial de la Gaviota de Audouin en el Mediterráneo occidental y noroeste africano*. Monografía núm,1 del programa Migra, Seo-BirdLife, Madrid, 102 p. https://www.seo.org/boletin/seguimiento/migracion/01_gaviota_audouin/
- Bellido, J.M., Brown, A.M., Valavanis, V.D., Giráldez, A., Pierce, G.J., Iglesias, M. i Palialexis, A. 2008. Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Hydrobiologia*, 612: 171-184.
- BirdLife International, 2015. *Puffinus mauretanicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015 (accedit el 08 d'agost de 2018).
- Boué, A., Louzao, M. Arcos, J.M., Delord, K., Weimerskirch, H., Cortés, V., Barros, N., Guilford, T., Arroyo, G.M., Oro, D., Andrade, J., García, D., Dalloyau, S., González-Solís, J., Newton, S., Wynn, R. i Micol, T. 2013. Recent and current research on Balearic shearwater on colonies and in Atlantic and Mediterranean areas. *First Meeting of the Population and Conservation Status Working Group*. La Rochelle, France, 29 – 30 April 2013. PCSWG1 Doc 15.
- Cagnon, C., et al. 2004. Phylogeographic differentiation of storm petrels (*Hydrobates pelagicus*) based on cytochrome b mitochondrial DNA variation. *Marine Biology*, 145 (6): 1257-1264.
- Capellà, L. 1988. Observaciones sobre la Pardela Pichoneta *Puffinus mauretanicus* de las Baleares; in: López-Jurado, C. Ed: *Aves Marinas. Actas de la reunión del Grupo Ibérico de Aves Marinas (GIAM)*, Formentera, octubre de 1988. Palma de Mallorca, Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Naturalesa. p. 61-67.
- Codina-García, M., Militao, T., Moreno, J. i González-Solís, J. 2013. Plastic debris in Mediterranean seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 77: 220-226.
- Cooper, J. et al., 2003. Seabird mortality from longline fishing in the Mediterranean Sea and Macaronesian waters: a review and a way forward. in: E. Mínguez, D. Oro, E. De Juana i A. Martínez-Abraín (Eds.): *Mediterranean Seabirds and their Conservation*,. *Scientia Marina*, 67(2): 57-64.
- Cortés, V., Arcos, J. M. i González-Solís, J. 2017. Seabirds and demersal longliners in the northwestern Mediterranean: factors driving their interactions and bycatch rates. *Marine Ecology Progress Series*, 565: 1-16.
- Defos du Rau, P., Bourgeois, K., Ruffino, L., Dromzée, S., Ouni, R., Abiadh, A., Estève, R., Durand, J-P, Anselme, L., Faggio, G., Yahya, J.M., Peters, P., Rguibi, H., Renda, M., Miladi, B., Hamrouni, H., Alilech, S., Ben Dhafer, A., Nefla, A., Jaouadi, W., Agrebi, S. i Renou, S. 2012. New assessment of the world largest colony of Scopoli's Shearwater *Calonectris diomedea*; in P. Yésou, N. Baccetti i J. Sultana (eds.): *Ecology and Conservation of Mediterranean Seabirds and other bird species under the Barcelona Convention* - Proceedings of the 13th Medmaravis Pan-Mediterranean Symposium, p. 26-28. Alghero (Sardinia) 14-17 Oct. 2011. Medmaravis, Alghero.
- Del Moral J.C. (Ed.) 2008. El halcón de Eleonora (*Falco eleonora*) en España. Población en 2004-2007 y método de censo. *Seguimiento de aves* 20. SEO/BirdLife, Madrid.
- Dimalaxis A., Xirouchakis S., Portolou D., Latsoudis P., Karris G., Fric J., Georgiakakis P., Barboutis C., Bourdakis S., Iovic M., Kominos T. i Kakalis E., 2008. The status of Eleonora's Falcon (*Falco eleonora*) in Greece. *J. Ornithol.* 149: 23–30.
- Durham, C., Roche, Ph., Vidal, E. i Tatoni, Th. 2007. Effects of anthropogenic food resources on yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Popul ecol* DOI 10. 1007/s10144-007-0059-z
- Enbabo, I i Herrero C., 2012 *Seguimiento de aves marinas y rapaces en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Campaña de seguimiento años 2010-2011*. Informe inédit de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear. 214 pp.
- Fernández-Chacón, A i Oro, D. 2009. *Seguimiento de Calonectris diomedea en el islote de Pantaleu en 2009*. IMEDEA. Informe inédit. 8 pp.

- García, D. 2006a. *Censo y marcaje del Cormorán moñudo (Phalacrocorax aristotelis desmarestii) en las islas Pitiüses. 2006*. Informe inédito. Direcció General de Caça, Protecció d'Espècies i Educació Ambiental. Conselleria de Medi Ambient. Govern Balear. 47 pp.
- García, D. 2006b. *Áreas de cría y población reproductora de la pardela cenicienta y de la pardela balear en el parc natural de ses Salines d'Eivissa i Formentera, 2006*. Informe inédito. Parc natural de ses Salines d'Eivissa i Formentera.
- García, D. 2009. Predation on the endemic Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus* by Peregrine Falcon *Falco peregrinus*. *Alauda*, 2009 3: 230-231.
- García, D., Louzao, M. i Delord, K. 2012. *Campaña de marcaje de la pardela balear Puffinus mauretanicus con GLS y PTT en Sa Conillera-Bosc (Eivissa-Illes Balears) en 2012*. Informe de SEO/BirdLife y LPO para el proyecto FAME.
- Gargallo, G. et al., 2011. *Spring Migration in the western Mediterranean and NW Africa: the results of 16 years of the Piccole Isole project*. Monografia núm. 6 del Museu de Ciències Naturals. Barcelona. 366 pp.
- Genovart, M., Arcos, J. M., Álvarez, D., Mcminn, M., Meier, R., B Wynn, R., Guilford, T. i Oro, D. 2016. Demography of the critically endangered Balearic shearwater: the impact of fisheries and time to extinction. *Journal of Applied Ecology*, 53(4): 1158-1168.
- Genovart, M., Juste, J. i Oro, D. 2005. Two sibling species sympatrically breeding: a new conservation concern for the critically endangered Balearic shearwater. *Conservation Genetics*, 6: 601-606
- Genovart, M., Oro, D., Juste, J. i Bertorelle, G. 2007. What genetics tell us about the conservation of the critically endangered Balearic Shearwater? *Biological Conservation*, 137: 283-293.
- GOB (1988-2018). *Anuari Ornitològic de les Balears (AOB)*. 32 volums. Palma.
- GOB (sense data). *Control de Gavina (Larus cachinans). Conillera 11 i 12 d'abril de 2001*. Informe inèdit; arxiu PN de Cabrera. 4 pp.
- Gómez-Díaz, E., González-Solís, i J. Peinado, M.A. 2009. Population structure in a highly pelagic seabird, the Cory's shearwater *Calonectris diomedea*: an examination of genetics, morphology and ecology. *Marine Ecology Progress Series*, 382: 197-209.
- Gómez-Díaz, E., González-Solís, J., Peinado, M.A. i Page, D. M. 2007. Lack of host-dependent genetic structure in ectoparasites of *Calonectris* shearwaters. *Molecular Ecology*, 16: 5204-5215
- González-Solís, J., Croxall, J. P., Oro, D. i Ruiz, X. 2007. Trans-equatorial migration and mixing in the wintering areas of a pelagic seabird. *Front. Ecol. Environ.* 5(6): 297-301.
- Gschweg, M., Kalko, E.K.V., Querner, U., Fiedler, W. i Berthold, P. 2008. All across Africa: highly individual migration routes of Eleonora's falcon. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 275: 2887-2896.
- Guilford, T., Wynn, R., McMinin, M., Rodríguez, A., Faye, A., Maurice, L., Jones, A. i Meier, R. 2012. Geolocators Reveal Migration and Pre-Breeding Behaviour of the Critically Endangered Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus*. *PLoS ONE*, 7(3): e33753.
- Guilford, T. i Arcos, J.M. 2016. *ACAP Priority Population Assessment – Puffinus mauretanicus (Balearic shearwater) on the Balearic islands. Third Meeting of the Population and Conservation Status Working Group*. La Serena, Chile, 5 – 6 May 2016. PaCSWG3 Doc 06 Agenda Item 6.4.
- Gutiérrez, R. i Figuerola, J. 1995. Wintering distribution of the Balearic Shearwater (*Puffinus yelkouan mauretanicus*) off the northeastern coast of Spain. *Ardeola*, 42(2): 161-166.
- Gutiérrez, R. 2007. Mortalidad de pardelas en la bahía de Roses, Girona, en mayo de 2007 causada por un alga tóxica. *Bol. GIAM*, 29: 12-13.
- Igual, J.M., Afan, I., Santana, C. i Oro, D. 2004. Confirmación de cría de la Pardela Balear *Puffinus mauretanicus* en el islote de Es Bosc, Parque Natural de Cala d'Hort, Ibiza. *Anuari Ornitològic de les Balears*, 19: 11-13.
- Jones, A.R., Wynn, R., Yésou, P., Thébault, L., Collins, Ph., Suberg, L., Lewis, K.M. i Breerton, T. 2014. Using integrated land-and boat-based surveys to inform conservation of the Critically Endangered Balearic shearwater. *Endan. Species Res.*, 25(1):1-18.
- Jones, H.P., Tershy, B.R., Zavaleta, E.S., Croll, D.A., Keitt, B.S., Finkelstein, M.E. i Howald, G.R. 2008. Severity of the effects of invasive rats on seabirds: a global review. *Conservation Biology*, 22(1): 16-26.
- Juste, J., Genovart, M., Oro, D., Bertorelle, G., Louzao, M., Forero, M.G. e Igual, J.M. 2007. Identidad y estructura genética de la Pardela balear (*Puffinus mauretanicus*). In: Ramírez, L. i Asensio, B. (eds.). *Proyectos de Investigación en Parques nacionales: 2003-2006*, p. 209-222. O.A.P.N. Madrid.
- Karris G., Xirouchakis S., Grivas C., Voulgaris M.D., Sfenthourakis S. i Giokas S. 2016: Estimating the population size of Scopoli's Shearwaters (*Calonectris diomedea*) frequenting the Strofades islands (Ionian Sea, western Greece) by raft counts and surveys of breeding pairs. *North-Western Journal of Zoology* (2016): e161605.
- López-Jurado, C. i González, J.M. 2001. Estatus de la avifauna del parque nacional del archipiélago de Cabrera. In: Pons, G. ed. *A Las aves del parque nacional marítimo-terrestre del archipiélago de Cabrera (Islas Baleares, España)*.
- López-López, P., Limiñana, R., Mellone, U. i Urios, V. 2010. From the Mediterranean Sea to Madagascar. Are there ecological barriers for the long-distance migrant Eleonora's falcon? *Landscape Ecol.*, 25: 803-813.
- Louzao, M i Oro, D. 2004. *Resultados preliminares sobre la captura accidental de aves marinas en las islas Baleares en 2002*. IMEDEA- D.G. de Biodiversitat. Conselleria de Medi Ambient. Informe inèdit. 15 pp.
- Louzao, M. 2006. *Conservation biology of the critically endangered Balearic shearwater Puffinus mauretanicus: bridging the gaps between breeding colonies and marine foraging grounds*. PhD thesis, Universitat de les illes Balears. 216 pp.
- Louzao, M., Arcos, J. M., Laneria, K., Beldae, E., Guallartf, J., Sánchez, A., Giménez, M., Maestre, R. i Oro, D. 2011.

- Evidence of the incidental capture of the Balearic Shearwater at sea. In *Proceedings of the 6 CONGRESS of GIAM and the International workshop on petrels and shearwaters ecology at southern Europe*, 34: 165-168.
- Louzao, M., Arcos, J.M. i Oro, D. 2007. Biología de la conservación d'un ocell críticament amenaçat: la baldrítja *Puffinus mauretanicus*. *Anuari Ornitològic de les Balears*, 21(2006): 43-49.
- Louzao, M., García, D. i Arcos, J.M. 2016. Conservación Integral de la Pardela Balear *Puffinus mauretanicus* en Pitiüses: uniendo puentes entre los ecosistemas marino y terrestre. SEO/BirdLife, IEO, AZTI-Tecnalia i IRBI. Informe de actualización 2013-2015.
- Louzao, M., García, D., Rodríguez, B., Delord, K. i Weimerskirch, H. 2011. *Seguimiento remoto de la pardela balear Puffinus mauretanicus en Pitiüses Primavera 2011*. FAME. Informe inédito 26 pp.
- Louzao, M., Hyrenbach, D., Arcos, J.M., Abelló, P., Gil de Sola, L. y Oro, D. 2006. Oceanographic habitat of a critically endangered Mediterranean Procellariiform: implications for the design of Marine Protected Areas. *Ecological Applications*, 16(5): 1683-1695.
- Louzao, M., Igual, J.M., McMinn, M., Aguilar, J.S., Triay, R. i Oro, D. 2006a. Small pelagic fish, trawling discards and breeding performance of the critically endangered Balearic Shearwater: improving conservation diagnosis. *Marine Ecology Progress Series*, 318: 247-254.
- MARM. 2005. Estrategia para la conservación de la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*) En España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas/estrategias_planes/pardela_balear/pdf/estrategia_pardela_balear.pdf
- Martínez, A. i Carrera, E. 1983. Nova colònia de Gavina corsa *Larus audouinii* a l'Estat Espanyol. *But. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 49: 159-161.
- Martínez Abraín, A., Jiménez, J. i Oró, D. 2018. Pax Romana: "refuge abandonment" and spread of fearless behavior in a reconciling word. *Animal conservation*, 2018: 1-11.
- Martínez-Abraín, A., Oro, D. Cardà, J. i Del Señor, X. 2002 Movements of Yellow-Legged Gulls *Larus (cachinans) michahellis* from two small western Mediterranean colonies. *Atlantic Seabirds*, 4 (3): 101-108.
- Mas, R. i Muntaner, J. 2015a. Recomptes i èxit reproductor de les colònies de Viroto gros (*Calonectris diomedea diomedea*) a l'arxipèlag de Cabrera (1972-2014) i de l'illot des Pantaleu (2000-2013). In: *Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears*. Monografia de la Societat d'Historia Natural de les Balears, 20: 249-254.
- Mas, R. i Muntaner, J. 2015b. Evolució de les colònies de cria de Falcó Marí (*Falco eleonorae*) a les Illes Balears. In *Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears*. Monografia de la Societat d'Historia Natural de les Balears 20. 295-299.
- Mas, R., Cardona, E., de Pablo, F. i Mayol, J. 2016 La població reproductora de Gavina de peus grocs, *Larus michahellis* a les Illes Balears, abril 2015. *AOB*, 30: 1-16.
- Mayol, J., Mayol, M., Domench, O., Oliver, J., McMinn, M. i Rodríguez, A. 2012. Aerial broadcast of rodenticide on the island of Sa Dragonera (Balearic Islands, Spain). A promising rodent eradication experience on a Mediterranean island. *Aliens. The Invasive Species Bulletin*, 32: 29-32.
- Mayol, J., Muntaner, J. i Mas, R. 2016 Seabirds of the Balearic Islands: status and recent changes (1987-2014). In: Yessou, P., Sultana, J., Wamsley, J. i Azafzaf, H. (eds.). *Conservation of marine and coastal birds in the Mediterranean* pp: 91-95
- Mayol-Serra, J., Aguilar, J.S. i Yésou, P. 2000. The Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus*: status and threats, p. 24-37. In: Yésou, P. and Sultana, J. (eds.). *Monitoring and conservation of birds, mammals and sea turtles of the Mediterranean and Black Seas*. Proceedings of 5 Medmaravis Symposium. BirdLife Malta. 320 pp.
- Meier, R. E., Votier, S. C., Wynn, R. B., Guilford, T., Newton, J., McMinn Grive, M., Rodríguez, A., Newton, J., Maurice, L., Chouvelon, T., Dessier, A. i Trueman, C.N., C. 2017. Tracking, feather moult and stable isotopes reveal foraging behaviour of a critically endangered seabird during the non-breeding season. *Diversity and Distributions*, 23: 130-145.
- Meier, R.E. 2012. The Secret Life of Shearwaters: Tracking the Atlantic At-Sea Movements of *Puffinus mauretanicus*. *Graduate School of NOCS MPhil/PhD Transfer Report*. Professor Tim Guilford i Dr Steven Votier 74 pp inèdit
- Meier, R.E. 2015. *The at-sea behaviour and ecology of the critically endangered Balearic shearwater*. PhD Thesis, University of Southampton.
- Meier, R.E., Wynn, R.B., Votier, S.C., McMinn Grivé, M., Rodríguez, A., Maurice, L., van Loon E.E., Jones A.R., Suberg L., Arcos J.M., Morgan G., Josey S. i Guilford T. 2015. Consistent foraging areas and commuting corridors of the critically endangered Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus* in the northwestern Mediterranean. *Biological Conservation*, 190: 87-97.
- Mester, H. 1971. Die Vogelwelt der Pityusen. *Bonner Zool. Beiträge*, 22: 28-89.
- Mínguez, E., Sanz-Aguilar, A., Picorelli, V., Viñas, M., Mayol, J., Cardona, E., Martínez, O. i García, D. 2015. Seguiment a llarg termini de la colònia d'*Hydrobates pelagicus* de s'Espartar. In: *Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears*. Monografia de la Societat d'Historia Natural de les Balears, 20: 243-250.
- Monti, F. 2016 Scale-dependent approaches applied to the conservation biogeography of a cosmopolitan raptor: the Osprey. In: Yessou, P., Sultana, J., Wamsley, J. i Azafzaf, H. (eds.). *Conservation of marine and coastal birds in the Mediterranean*. Pp: 53-57.
- Morgan, G., McMinn, M., Wynn, R., Meier, R., Maurice, L., Sevilla, B., Rodríguez, A. i Guilford, T. 2013. Establishing repeatable study plots on Sa Dragonera, Mallorca to assess population trends of the local breeding Balearic Shearwaters *Puffinus mauretanicus*. *Seabird*, 26: 32-41.

- Mouriño, J., Arcos, F., Salvadores, R., Sandoval, A. i Vidal, C. 2003. Status of the Balearic shearwater (*Puffinus mauretanicus*) on the Galician coast (NW Iberian Peninsula). *Scientia Marina* 62, (2): 135-142.
- Mun, Ph.W. 1943. Notes on the birds of the Balearic Islands. *Ibis*, 1943, p. 341-343.
- Muntaner, J. i Malmierca, J.C. 2013. Registres Ornitològics 2012. *Pandion haliaetus*. AOB 27: 11-112.
- Muntaner, J. 2003. *La gaviota de Audouin (Larus audouinii): visión general de la especie y situación en las islas Baleares hasta 2003*. Document Tècnics de Conservació, II^a època, núm. 10. Govern de les Illes Balears.
- Muntaner, J. 1998. La gaviota de Audouin *Larus audouinii* en las islas Baleares y sus movimientos. *Anuari Orn. de les Balears*, 12: 35-65.
- Muntaner, J. 2003. La gaviota de Audouin *Larus audouinii*: visión general de la especie y situación en las islas Baleares hasta 2003. *Documents tècnics de conservació. II època*, núm. 10 , 82 pp. Servei de Protecció d'Espècies.
- Navarro, J., Louzao, M., Igual, J.M., Oro, D., Delgado, A., Arcos, J.M., Genovart, M., Hobson, K.A., i Forero, M.G. 2009. Seasonal changes in the diet of a critically endangered seabird and the importance of trawling discards. *Marine Biology*, 156: 2571-2578.
- Oliveira, N., Henriques, A., Miodonski, J., Pereira, J., Marujo, D., Almeida, A., Barros, N., Andrade, J., Marçalo, A., Santos, J., Oliveira, I.B., Ferreira, M., Araújo, H., Monteiro, S., Vingada, J. i Ramirez, I. 2015. Seabird bycatch in Portuguese mainland coastal fisheries: An assessment through on-board observations and fishermen interviews. *Global Ecology and Conservation*, 3: 51-61.
- Oro, D., Aguilar, J.S., Igual, J.M. i Louzao, M. 2004. Modelling demography and extinction risk in the endangered Balearic shearwater. *Biological Conservation*, 116: 93-102.
- Oro, D., De León, A., Minguéz, E., i Furness, R.W. 2005. Estimating predation on breeding European Storm-petrels by yellow-legged gulls. *Journal of Zoology*, 265: 421-429.
- Oro, D., Louzao, M., Forero, M.G., Arcos, J.M., Genovart, M., Juste, J. i Igual, J.M. 2007. Investigaciones aplicadas a la conservación de una especie en peligro de extinción (la Pardela Balear en el Parque Nacional de Cabrera): Requerimientos ecológicos, demografía y dinámica de poblaciones. *Proyectos de Investigación en Parques Nacionales: 2003-2006*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 223-243.
- Plestan, M., Ponsero, A. i Yésou, P. 2009. Forte abondance du Puffin des Baléares *Puffinus mauretanicus* en Bretagne (hiver 2007-2008). *Ornithos*, 16: 209-213.
- Pons G. (ed.) 2001. *Las aves marinas del Parque Nacional Marítimo-Terrestre del archipiélago de Cabrera (Islas Baleares, España)*. Ministerio de Medio Ambiente i Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Naturalesa (GOB), Palma de Mallorca. 304 pp.
- Poot, M. 2005. Large numbers of Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus* along the Lisbon coast. *Airo*, 15: 43-50.
- Purroy, F. 1977. Breeding bird communities on the island Cabrera (Balearic Islands). *Polish Ecological Studies*, 3(4): 193-198.
- Ramírez, I., Geraldés, P., Merinho, A., Amorim, P. i Paiva, V. 2009. Áreas Marinhas Importantes para as Aves em Portugal. Projecto LIFE04NAT/PT/000213 – Sociedade Portuguesa Para o Estudo das Aves. Lisboa. 260 pp.
- Ramos, I., Amengual, J., De Pablo, F., García, D., Mayol, J., McMinn, M., Muntaner, J. i Rodríguez, A. 2011. Situación del cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*) en las Islas Baleares. Presentación del plan de manejo y resultados de los censos. In: Valeiras, X., Velando, A., Bermejo, A. i Paterson, A.M. eds., *Actas del Taller Internacional sobre ecología del cormorán moñudo en el sur de Europa*, Baiona, Pontevedra. 27 y 28 de marzo de 2010. *Boletín del Grupo Ibérico de Aves Marinas* 35. P. 77
- Riera, M. (coord.). 2014 *El monestir de Cabrera. Segles V-VII d.c. Catàleg de l'exposició*. Ajuntament de Palma. 94 pp.
- Rodríguez, A. i McMinn, M. 2002. Las cuevas: último refugio de la Pardela Balear *Puffinus mauretanicus* (Aves, Procellariidae). *Boletín Sedeck*, 3: 128-133.
- Rodríguez, A. i Muntaner, J. 2005. Primeros resultados del marcado de gaviota patiamarilla *Larus michahellis* con anillas de lectura en las islas Baleares. *An. Orn. Balears*, 19: 69-77.
- Rodríguez, A., García, D., Rodríguez, B., Cardona, E., Parpal, L., i Pons, P. 2015. Artificial lights and seabirds: Is light pollution a threat for the threatened Balearic petrels? *Journal of Ornithology*, 156(4): 893-902. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1232-3>
- Rodríguez-Molina, A. i McMinn-Grivé, M. 2005. Population and distribution of the breeding colonies of Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus* Lowe 1921. Poster presentation, 2nd International Manx Shearwater workshop, Belfast, UK.
- Ruffino, L., Bourgeois, K., Vidal, E., Duhem, C., Paracuellos, M., Escribano, F., Sposimo, P., Baccetti, N., Pascal, M. i Oro, D. 2009. Invasive rats and seabirds after 2,000 years of an unwanted coexistence on Mediterranean islands. *Biological Invasions*, 11: 1631-1651
- Ruiz, A. i Martí, R. 2004. *La Pardela Balear*. SEO/BirdLife-Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears, Madrid, Spain. 200 pp.
- Sanchez Codoñer, A. 1998. *Seguimiento del impacto de aves ictiófagas sobre la flota palangrera en el área de influencia de la Reserva Marina de las Islas Columbretes*. SEO 1998. 38 pp. Inèdit
- Sandoval Rey, A. 2015 *Las aves marinas de Estaca de Bares. Un diario personal*. Tundra Ediciones. 342 pp.
- Sandvik, H., Erikstad, K.E., Barrett, R.T. i Yoccoz, N.G. 2005. The effect of climate on adult survival in five species of North Atlantic seabirds. *Journal of Animal Ecology*, 74: 817-831.
- Sangster, G., Collinson, J.M., Helbig, A.J., Knox, A.G. i Parkin, D.T. 2002. The specific status of Balearic and Yelkouan

- Shearwaters. *British Birds*, 95 (12): 636-639.
- Sanz-Aguilar, A., Tavecchia, G., Genovart, M., Igual, J.M., Oro, D., Rouan, L. i Pradel, R. 2011. Studying the reproductive skipping behavior in long-lived birds by adding nestcontrol to individual-based data. *Ecological Applications*, 21: 555-564.
- Serapio, J., Cardona, E., Martínez, O. i Estarellas, J. 2016. *Noves dades sobre la població reproductora de virot (Puffinus mauretanicus) a l'illa de Tagomago (Eivissa)*. Informe inèdit. Govern de les Illes Balears.
- Skua, S. L. 2003. *Seguimiento de aves marinas y rapaces en el Parque Nacional de Cabrera*. Informe inèdit. Arxiu del Parc Nacional de Cabrera.
- Tavecchia, G., Mínguez, E., de León, A., Louzao, M. i Oro, D. 2008. Living close, doing differently: small-scale asynchrony in demographic parameters in two species of seabirds. *Ecology*, 89: 77-85.
- Tragsa 2002. Seguimiento y control de las poblaciones de láridos en el Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera. Manuscrit. Arxiu del Parc Nacional de Cabrera.
- Triay, R. i Siverio, M. (eds.). 2008. El àguila pescadora (*Pandion haliaetus*) en Espanya. Población en 2008 y métodos de censo. *Seguimiento de aves* 29. SEO/ BirdLife, Madrid
- Votier, S. C., Bearhop, S., Attrill, M. J. i Oro, D. 2008. Is climate change the most likely driver in range expansion of a critically endangered top predator in northeast Atlantic waters? *Biology Letters*, 4: 204-205.
- Wallace, D.I.M. 1969. Observations on Audouin's Gulls in Majorca. *British Birds*, 62: 223-229.
- Wynn, R.B. i Yésou, P. 2007. The changing status of Balearic Shearwater in northwest European waters. *British Birds*, 100: 392-406.
- Wynn, R.B., Josey, S.A., Martin, A.P., Johns, D.G. i Yésou, P. 2007. Climate-driven range expansion of a critically endangered top predator in northeast Atlantic waters. *Biology Letters*, 3 (5): 529-532.
- Wynn, R.B., Rodríguez-Molina, A. i McMinn-Grivé, M. 2010. The predation of Balearic shearwaters by peregrine falcons. *British Birds*, 103: 350-356.
- Yésou, P. 2003. Recent changes in the summer distribution of the Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus* off western France. *Scientia Marina*, 67: 143-148.
- Yésou, P. 2006. The Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus*: a review of facts and questions. *Atlantic Seabirds*, 8 (1-2): 73-79.
- Yessou, P., Sultana, J., Wamsley, J. i Azafaf, H. (eds.). 2016. *Conservation of marine and coastal birds in the Mediterranean*. Proceedings of the Unep-RAC- MAP/SPA Symposium Hamammet , 20-22 february 2015 Tunisia 176 pp.

ANNEX I

EL SEGUIMIENTO DE LA MIGRACIÓN DE LA PARDELA BALEAR (PUFFINUS MAURETANICUS) POR EL ESTRECHO DE GIBRALTAR

Alejandro Onrubia y Beatriz Martín.

Fundación Migres.

El estrecho de Gibraltar está considerado uno de los lugares de concentración de aves migratorias más importantes del mundo. Famoso por el paso de aves planeadoras, cigüeñas y rapaces, entre Europa y África, no ha sido hasta épocas recientes cuando se ha reconocido su importancia como corredor migratorio para las aves marinas. Tras los trabajos pioneros de Jose Luis Tellería (1981) y Finlayson (1992), en 2002 se inician los trabajos de diseño de un programa de seguimiento a largo plazo de la migración de aves marinas y costeras por el estrecho de Gibraltar (Pérez-Hurtado et al. 2004) y, como resultado de este esfuerzo, se determinan los patrones de paso anual de las principales especies de aves marinas y se establecen los protocolos de censo desde observatorios costeros. En el caso de la pardela balear, a lo largo del ciclo anual muestra un paso intenso hacia el Atlántico entre los meses de abril y julio (paso postnupcial) pero especialmente marcado entre el 10 de mayo y el 20 de julio. Por su parte, muestra un marcado movimiento de entrada hacia el Mediterráneo entre septiembre y noviembre (paso prenupcial), pero especialmente entre el 10 de septiembre y el 30 de noviembre. No obstante, entre finales de octubre y principios de noviembre se producen movimientos continuos de entradas y salidas de pardelas baleares del Mediterráneo.

En los trabajos preliminares de 2002-2003 se llegan a registrar en el observatorio de la isla de Tarifa más de 16.500 pardelas baleares en paso, lo que evidenciaba la importancia del estrecho para la especie, que en ese momento se estimaba con una población reproductora de unas 3.000 parejas. Asimismo, las características locales del paso postnupcial de la especie, muy concentrado tanto en el tiempo como en el espacio, hacían que los censos desde la Isla de Tarifa se consideraran un método idóneo para obtener una estimación general del número de pardelas baleares que cada año abandonaban el Mediterráneo en migración. En ese contexto, entre los años 2007 y 2010 se realizaron campañas intensivas de seguimiento del paso postnupcial de la pardela balear, y la suma de las aves contadas y estimadas arrojó cifras totales entre 23.780 y 26.535 pardelas baleares migrando a lo largo de la costa norte del estrecho de Gibraltar en cada uno de los cuatro años de censo (Arroyo et al. 2014). El seguimiento de la migración postnupcial por el estrecho de Gibraltar se ha prolongado hasta la actualidad, registrándose una tendencia decreciente en el número de pardelas en paso hasta 2012. Sin embargo, en los últimos años la especie muestra signos de cierta recuperación, alcanzando cifras records en 2018, en el que se han registrado 25.633 pardelas en paso, y se estima una población superior a los 35.000 individuos.

REFERÈNCIES:

- Arroyo, G.M.; Mateos-Rodríguez, M.; Muñoz, A.R.; De la Cruz, A.; Cuenca, D. i Onrubia, A. 2014. New population estimates of a critically endangered species, the Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus*, based on coastal migration counts. *Bird Conservation International*, 26 (1): 87-99.
- Finlayson, C. 1992. *Birds of the Strait of Gibraltar*. T i A.D. Poyser, London.
- Pérez-Hurtado, A.; Muñoz, G. i Cuenca, D. 2004. *Estudio de la importancia cualitativa y cuantitativa del fenómeno migratorio de las aves marinas en el estrecho de Gibraltar*. Grupo de Estudios de Aves Marinas, Universidad de Cadiz.
- Tellería, J.L. 1981. *La migración de las aves por el Estrecho de Gibraltar. Vol. 2. Aves No Planeadoras*. Universidad Complutense, Madrid.

ELS ECOSISTEMES SUBTERRANIS DEL SUBARXIPÈLAG DE CABRERA

Àngel Ginés

Grup de Ciències de la Terra, Departament de Biologia,
Universitat de les Illes Balears, Palma.

Societat Espeleològica Balear.

agines.gracia@yahoo.es

Ginés, A. (2020). Els ecosistemes subterranis del subarxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Es presenta en aquest capítol una actualització del coneixement disponible sobre la biologia subterrània del Parc Nacional marítim-terrestre de l'arxipèlag de Cabrera. A causa del nombre molt escàs de coves profundes, no s'ha trobat fins ara fauna troglòbia terrestre abastament significativa, i només el pseudoscorpí *Chthonius ponsi* i l'isòpode *Anaphiloscia simoni* mostren alguns caràcters troglomorfs. Però, d'altra banda, cal destacar la troballa d'una fauna estigòbia molt interessant en tres localitats representatives de les seves aigües freàtiques: als llacs de dues coves costaneres i a una petita font d'aigua dolça. Les comunitats de crustacis cavernícoles més riques en elements estigobis estan relacionades amb biòtops anquihalins, situats tant per sobre com per sota de l'haloclina. La comunitat d'espècies anquihalines que ocupa la part superior de la columna d'aigua és comparable a la que predomina als carsts costaners mallorquins, amb la presència de *Salentinella angelieri*, *Typhlocirolana moraguesi* i *Tethysbaena scabra*. En canvi, la comunitat anquihalina inferior consisteix en un notable grup de talassoestigobis, que inclou entre d'altres *Burrimysis palmeri*, *Psammogammarus burri*, *Metacirolana ponsi* i *Trogloianiropsis lloberai*. El capítol, a més de documentar les diferències entre ambdós tipus de biòtops anquihalins, es complementa amb alguns comentaris específics sobre els hàbitats subterranis que poden ser prospectats al Parc Nacional de les illes de Cabrera.

Paraules clau: *Hàbitats subterranis, bioespeleologia, carst costaner, Illes Balears, estigofauna, anquihali*

ABSTRACT

An update on the current knowledge about the subterranean biology from Cabrera islands National Park is presented in this chapter. Owing to the scant number of deep caves, no genuine terrestrial troglobite fauna has been found, and only the pseudoscorpion *Chthonius ponsi* and the isopod *Anaphiloscia simoni* show some degree of troglomorphic characters. But, on the other hand, an astoundingly rich stygobitic fauna was uncovered in three groundwater locations, including the sea-level brackish pools from two coastal caves and one small freshwater spring. The most outstanding cave-crustaceans communities are related to anchialine environments, placed both above and below the halocline: the upper anchialine community is equivalent to the species assemblage of Majorcan sea-level cave pools, characterized by *Salentinella angelieri*, *Typhlocirolana moraguesi* and *Tethysbaena scabra*, but the lower one consists of a remarkable group of thalassostygobionts, including *Burrimysis palmeri*, *Psammogammarus burri*, *Metacirolana ponsi* and *Trogloianiropsis lloberai*. This overview encloses furthermore some specific comments on the subterranean habitats that are able to be prospected in the Cabrera islands National Park.

Key words: *Subterranean habitats, cave biology, coastal karst, Balearic Islands, stygofauna, anchialine*

INTRODUCCIÓ

Les primeres dades sobre els hàbitats subterranis de Cabrera corresponen a Montoriol-Pous (1961), qui inclou, dins un estudi general sobre el carst del subarxipèlag, la descripció i topografia de quatre coves i un avenc (Cova des Burri, Cova des Frare, Cova Blava, Cova des Teatre i Forat den Picamosques). Anys més tard, Ginés i Ginés (1977) aporten la primera informació sobre biospeleologia de les seves aigües càrstiques en trobar el petit crustaci *Salentinella* sp. als llacs salabrosos de la Cova des Burri. Aquests llacs, com els de moltes altres coves de la costa oriental de Mallorca, són el simple resultat de la pujada glacioeustàtica del nivell de la mar durant l'Holocè, i formen part del que avui es consideren hàbitats anquihalins (Fig. 1). Els amfípodes de l'espècie *Salentinella angelieri* es troben amb molta freqüència a la zona més superficial dels llacs anquihalins, en aigües moderadament salabroses, i són organismes típicament estigobis, ja que només viuen a ambients aquàtics cavernícoles, i subterranis en general.

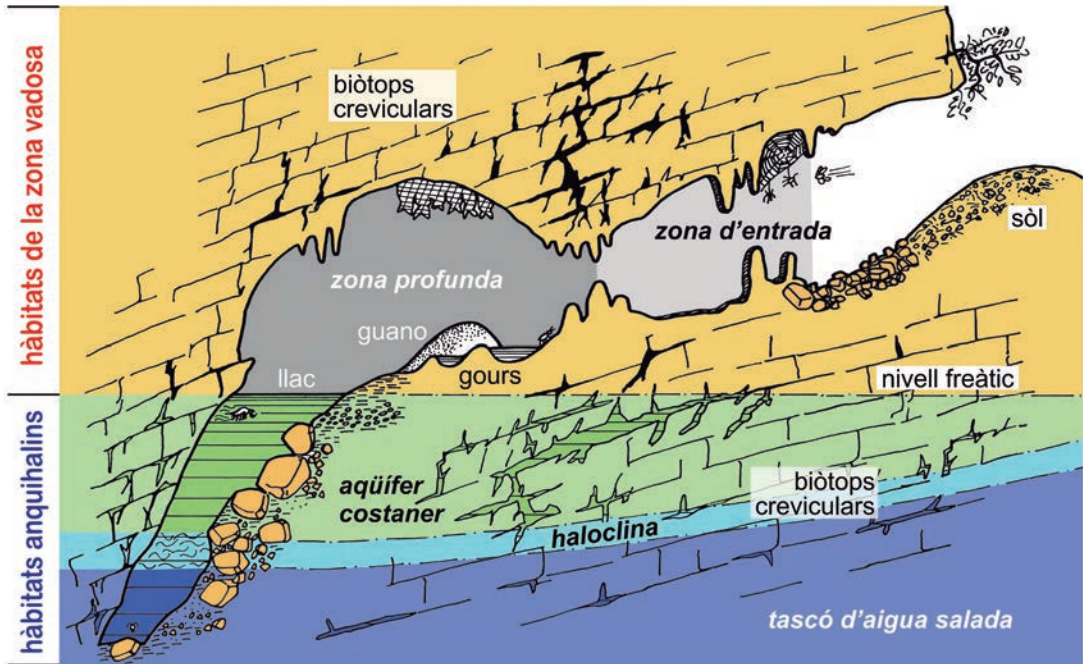


Figura 1. Representació esquemàtica dels biòtops més característics d'un carst costaner.

La dècada dels 90 destaca per l'eclosió de treballs, molts d'ells de caràcter taxonòmic, sobre la fauna subterrània de Cabrera i molt especialment sobre els crustacis de les seves aigües anquihalines. Aquesta època s'inicia poc abans de la declaració definitiva del *Parc Nacional marítim-terrestre de l'arxipèlag de Cabrera* en abril de 1991, i culmina amb la publicació en 1993, per la Societat d'Història Natural de les Balears, de la important monografia "Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera"; però té continuïtat fins al canvi de segle amb un seguit de sorprenents troballes faunístiques que inclouen un total de sis nous gèneres i dotze noves espècies. La major part d'aquestes interessants aportacions estan relacionades amb les campanyes de prospecció biospeleològica efectuades entre 1990 i 1994 per diversos membres de l'IMEDEA i de la SHNB, principalment Damià Jaume i Guillem X. Pons.

Vint-i-cinc anys després de la publicació del llibre "Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera" (Alcover *et al.*, 1993) potser és el moment d'actualitzar els coneixements existents sobre els ecosistemes subterranis d'aquest subarxipèlag des de la perspectiva dels criteris ecològics més recents, els quals darrerament han focalitzat l'atenció cap a d'altres espais subterranis distints de les coves, com ara les aigües freàtiques i els hàbitats terrestres subsuperficials (*shallow subterranean habitats*).

A més a més, en el cas concret de l'arxipèlag de Cabrera, es fa necessari delimitar amb claredat les particulars condicions que presenten els carsts costaners i la relació que hi pot haver entre les coves estrictament marines i alguns hàbitats anquihalins situats sota l'haloclina; és a dir per davall de la interfície que separa bruscament les aigües dolces, més o manco salabroses, de les aigües marines (més denses). Els hàbitats cavernícoles "marins" que es poden estudiar a les parts més profundes de la columna d'aigua subterrània d'aquests llacs, estan poblats per una sorprenent talassoestigofauna que inclou organismes adaptats a la vida subterrània però que viuen dins el tascó subjacent d'aigua salada (Fig. 1), i que conseqüentment es poden qualificar de talassoestigobis. Aquest és el cas de *Burrimysis palmeri* (Fig. 2) i *Troglolaniropsis lloberai*, entre d'altres.



Figura 2. El talassoestigobi *Burrimysis palmeri*, endemisme de les illes de Cabrera i Mallorca (Foto: GNM).

ACCESSIBILITAT AL MEDI SUBTERRANI I LIMITACIONS DE MOSTREIG

El coneixement dels ecosistemes subterranis és sempre molt limitat, i de vegades força esbiaixat. Els problemes d'accessibilitat directa als diversos hàbitats que constitueixen aquest medi i el seu caràcter críptic són la principal causa de que la seva prospecció sigui difícil i necessàriament incompleta. Les coves esdevenen elements geogràfics fonamentals per a accedir a una part d'aquests hàbitats, però cal admetre que al voltant de les coves hi ha una munió d'espais interconnectats, molt més petits, que escapen a l'observació i el mostreig immediat (Fig. 1). A més, tampoc hi ha tantes cavitats (ni són tan llargues ni topogràficament complexes) com "voldrien" els espeleòlegs. De fet, al subarxipèlag de Cabrera les coves són més aviat curtes (és a dir, de petites dimensions) i no presenten condicions gens favorables per a una prospecció intensiva i extensiva de la fauna cavernícola. Només els carsts costaners tenen una certa varietat de cavitats, que abasten des de coves i túnels submarins fins a coves marines d'erosió litoral i coves càrstiques que permeten davallar més enllà del nivell freàtic i de l'haloclina. Però, en tots els casos, a Cabrera el nombre de localitats subterranies i la quantitat de superfície disponible per a la recerca de fauna troglòbia, i fins i tot troglòfila, és prou reduït.

Pel que fa al medi terrestre subterrani, és important avaluar amb moderació la quantitat de cavitats que han estat inventariades d'ençà del pioner treball de Montoriol-Pous (1961) i de l'actualització del "Catàleg espeleològic" de Cabrera (Trias, 1993), que varen ampliar posteriorment Alcover *et al.* (1997) i Trias *et al.* (2009). El darrer llistat de coves i avencs publicat per Robledo *et al.* (2016), el qual està basat en una recopilació anterior d'Encinas (2014), presenta un total de 75 cavitats; un nombre aparentment ben considerable, però molt més pobre en informació potencial del que caldria suposar, ja que tan sols 9 d'elles són cavitats càrstiques i la resta es reparteix entre balmes, cruïses de penyal, coves marines i cavitats artificials. En realitat quasi tot el que podem "generalitzar" sobre el medi subterrani es fonamenta en les prospeccions de fauna cavernícola terrestre realitzades en no més de cinc coves càrstiques: la Cova des Burrí, la Cova des Frare, la Cova des Penyal Blanc, la Cova des Cap Ventós i la Cova de sa Llumeta. Certament les illes i illots de Cabrera estan molt lluny de ser un "paradís subterrani ple de coves", com algunes publicacions divulgatives han donat a entendre.

Quant al medi aquàtic subterrani, cal destacar que aproximament el 40% de les cavitats inventariades al subarxipèlag de Cabrera són coves marines: Robledo *et al.* (2016) documenta vint-i-tres coves marines al seu mapa de coves litorals, mentre que Encinas (2014) cataloga devers una trentena i Ballesteros (2000) aporta algunes dades addicionals sobre diversos arcs, túnels i coves submarines que no hi figuren als esmentats llistats de cavitats. Emperò, la immensa majoria d'aquestes coves obertes a l'onatge directe formen part d'ecosistemes bentònics marins i no en donen realment accés al medi subterrani *stricto sensu*; això és el que succeeix en el cas de la Cova Blava i la Cova des Calamars, que han estat estudiades amb els esmentats criteris per Uriz *et al.* (1992 i 1993), Ballesteros *et al.* (1993) i Corbera *et al.* (1993). De fet, només dues coves costaneres de Cabrera, no connectades directament amb la mar, permeten obtenir mostres de la fauna de les aigües subterrànies anquihalines del subarxipèlag: la Cova des Burrí (Cabrera Gran) i la Cova de Sa Llumeta (illa des Conills). D'altra banda, Morales *et al.* (2016) delimiten els nou aquífers principals de Cabrera Gran i proporcionen algunes informacions sobre les seves surgències, d'entre les quals cal destacar la Font de l'Hort de Can Feliu, que constitueix la més important localitat (i gairebé única) apta per a la prospecció directa d'estigobis d'aigua dolça.

PRINCIPALS HÀBITATS SUBTERRANIS PRESENTS A CABRERA

La percepció del que avui entenem per medi subterrani ha canviat substancialment des que es va publicar, fa més de cinquanta anys, el llibre "Biospéologie. La biologie des animaux cavernicoles" (Vandel, 1964). En aquella època *fauna cavernícola* era gairebé sinònim de *fauna subterrània*, i la Bioespeleologia era la branca de la Biologia que es dedicava a l'estudi del medi subterrani. D'aleshores ençà, aquesta visió força antropocentrista (Bellés, 1987) –ja que la definició de cova ve determinada per la mida de l'home– ha estat substituïda per una perspectiva molt més oberta i escèptica sobre l'abast del medi subterrani i la caracterització dels seus hàbitats més representatius (Juberthie i Decu, 1994). La bibliografia més recent reflecteix molt bé aquesta deriva, com queda demostrat als títols dels dos darrers llibres de Culver i Pipan (2009 i 2014): "The biology of caves and other subterranean habitats" i "Shallow subterranean habitats", respectivament. La presència de fauna troglomorfa –és a dir amb característiques adaptatives pròpies de la vida cavernícola– dins biòtops aquàtics intersticials i capes freàtiques (Gibert *et al.*, 1994), així com també a d'altres biòtops terrestres subsuperficials distints de les coves (Giachino i Vailati, 2010), ha impulsat una renovada interpretació dels ecosistemes i hàbitats subterrànics.

HÀBITATS TERRESTRES

Les comunitats d'organismes terrestres subterrànics de Cabrera poden ocupar espais molt més diversificats del que suggereixen les poques dades que es coneixen fins ara. El reduït conjunt de cavitats que s'han pogut prospectar des del punt de vista de la fauna cavernícola terrestre (Bellés, 1994) conté una pobre representació dels biòtops que caracteritzen a la zona profunda de les

coves, on les influències externes es van esmoreint i la manca de llum, l'estabilitat tèrmica i el confinament de l'aire, amb elevada humitat relativa, esdevenen factors ambientals determinants (Fig. 1). La informació disponible sobre la fauna dels biòtops de la zona d'entrada de les coves és relativament millor, encara que només els araneïds, els isòpodes i els coleòpters han estat estudiats fins ara amb un cert deteniment. D'altra banda, res no es coneix sobre el poblament dels biòtops subterranis que s'estenen sota la superfície dels terrenys càrstics; entre els espais i els intersticis dels col·luvions (M.S.S.= medi subterrani superficial, en el sentit de Juberthie, 2000) i en la zona de contacte entre els materials edàfics i la roca carstificada (l'anomenat *epicarst*, en el sentit de Culver i Pipan, 2014). Cal tenir present que aquests hàbitats subsuperficials estan força representats a les illes del Parc Nacional de Cabrera, ja que les àrees on afloren roques carstificables no és inferior al 35% de la seva extensió total (Morales *et al.*, 2016).

A més dels diversos biòtops cavernícoles descrits per Vandel (1964), Ginet i Decou (1977) i Camacho (1992), la zona vadosa inclou molts d'altres espais –petits i mitjans– que són habitables per organismes troglòbics; i, potser per això és convenient dedicar-ne un comentari específic a la xarxa de fissures que envolta les coves. Racovitza (1907), en el seu “Essai sur les problèmes biospéologiques” es refereix a “...les fentes étroites inaccessibles à l'homme” i afirma que: “il est difficile de démontrer par l'observation directe que les fentes sont habitées, mais beaucoup de faits et de déductions tendent à le prouver...cette fissuration produit donc une surface habitable pour les cavernicoles, qui est infiniment plus vaste que celle des grottes accessibles à l'homme”. Més recentment, en un context distint (però ben comparable) relacionat amb els hàbitats anquihalins, Hart *et al.* (1985), introdueixen el terme *crevicular* per a designar “...those aquatic habitats formed by crevasses in and among rocks” i suggereix que: “it is likely that the subterranean habitats on ocean islands consist not only of caves, but of crevicular habitats in the rock”. Alguns biòtops creviculars, tant terrestres com aquàtics, apareixen representats gràficament a la Fig. 1. Pel que fa als biòtops terrestres, el Forat d'en Picamosques, situat a les muntanyes occidentals de Cabrera Gran, és un petit avenc que presenta elevades concentracions de diòxid de carboni (Montoriol-Pous, 1961), i molt probablement és l'aire confinat procedent dels ambients creviculars, que hi ha al voltant de les parets d'aquesta cavitat vertical de 26 metres de profunditat, el causant de l'enrarament de l'aire.

HÀBITATS AQUÀTICS

Les comunitats d'organismes aquàtics subterranis de Cabrera es distribueixen principalment en quatre tipus de biòtops que poden ser poblats per estigofauna especialitzada: 1) els vadosos; 2) els freàtics d'aigua dolça (no estrictament costaners); 3) els anquihalins situats per damunt de l'haloclina (d'aigua més aviat salabrosa); i 4) els anquihalins d'aigua “marina” (que passen, sense solució de continuïtat, des del tascó costaner d'aigua salada fins a les enclotxes i cavitats connectades, i fins i tot obertes, a la mar). Tres dels nou aqüífers enumerats per Morales *et al.* (2016) permeten accedir a nivells freàtics d'aigua dolça: l'aqüífer quaternari, on s'ubica el pou d'extracció d'Es Celler, i els des Clot des Guix i de Sa Miranda, que formen part del gran aqüífer carstificat de les calcàries i dolomies del Lias; concretament, el darrer d'ells alimenta la petita Font de l'Hort de Can Feliu i també l'aqüífer quaternari, que desemboca en Es Port. Els altres sis aqüífers, en canvi, presenten llargues extensions de contacte amb la línia de costa, i en general donen lloc a hàbitats anquihalins en el sentit de Stock *et al.* (1986). Tots ells estan constituïts per calcàries i dolomies del Lias i la seva intensa carstificació es manifesta en forma de superfícies rocoses de lapiaz (Ginés, 1993) i per la presència d'algunes cavitats remarcables, com ara la Cova des Burri. En destaca especialment l'aqüífer que Morales *et al.* (2016) denominen “Gran Bloc Occidental”, que inclou la important àrea càrstica de Na Picamosques i del Penyal Blanc. Algunes d'aquestes àrees càrstiques, on es troben els punts de major altitud de l'illa, comprenen fins i tot més d'un centenar de metres de zona vadosa, i cal suposar que conseqüentment les aigües d'infiltració s'escolen en vertical formant *gours* (Fig. 1) i bassiots subterranis dins les cavitats que travessen al llarg del seu descens fins al nivell freàtic. Res no es coneix sobre el seu poblament faunístic fins al dia d'avui, si bé l'aridesa del clima fa molt difícil trobar bassiots estalagmítics (*gours*) plens d'aigua de degoteig dins les poques coves que es poden mostrejar.

Sens dubte són els biòtops anquihalins els que destaquen per la singularitat del seu poblament faunístic. El terme *anquihalí* en realitat és quasi un sinònim de medi subterrani costaner, ja que segons Stock *et al.* (1986): “Anchialine habitats consist of bodies of haline waters, usually with a restricted exposure to open air, always with more or less extensive subterranean connections to the sea, and showing noticeable marine as well as terrestrial influences...The marine influence is clear in two ways: (a) the ionic composition is mainly derived from (diluted/concentrated) sea water; (b) in areas with a marked tidal difference, anchialine habitats reflect these tides”. Una més ampla visió dels aspectes ecològics relacionats amb la progressiva introducció del terme anquihalí en la biologia subterrània es pot esbrinar a partir de les publicacions de Riedl (1966), Riedl i Ozretić (1969), Sket i Iliffe (1980), Iliffe i Kornicker (2009) i Sket (1981, 1986 i 2012). Els carsts costaners del Parc Nacional de Cabrera mostren una considerable extensió d’hàbitats anquihalins com a conseqüència del predomi de les roques calcàries i de la llarga i molt complexa línia de costa, plena d’irregularitats. Així i tot, la seva estigofauna només ha estat prospectada a partir de dues cavitats (Cova des Burrí i Cova de Sa Llumeta), les quals tenen la particularitat de posseir llacs que s’endinsen per davall del nivell de l’haloclina i permeten estudiar tant els biòtops anquihalins salabrosos com els biòtops anquihalins que corresponen al tascó d’aigua salada subjacent (Fig. 1). Un aspecte que resta encara per precisar és la relació de continuïtat física existent entre els biòtops creviculars anquihalins, poblats per fauna talassoestigòbia, i les coves marines i submarines, fosques i semifosques (Harmelin *et al.*, 1985; Uriz *et al.*, 1993), pròpies dels ecosistemes bentònics. El subarxipèlag de Cabrera constitueix un marc privilegiat per a l’estudi de les coves litorals, com ho demostra l’atenció que dedica a aquest tema la recent publicació de la “Guia geològica del Parc Nacional Marítim-Terrestre” (Martínez-Rius *et al.*, 2018).

FAUNA CAVERNÍCOLA TERRESTRE A UN CARST SEMIÀRID LITORAL

La troglifauna terrestre de Cabrera roman encara insuficientment coneguda. Fins ara la prospecció del medi terrestre dels ecosistemes subterranis s’ha limitat a molt poques localitats: concretament, cinc coves (Cova des Burrí, Cova des Frare, Cova des Cap Ventós, Cova de sa Llumeta i Cova des Penyal Blanc) i dues balmes (Cova des Teatre i Balma de Cas Pagès). A més del nombre molt escàs de cavitats estudiades, les característiques topogràfiques que presenten la majoria d’elles les fan més aptes per a la recollida d’espècies troglòfiles i troglòxenes, mentre que els hàbitats potencialment favorables per a la recerca d’elements troglòbics són prou escassos: hi predominen els ambients poc confinats, que mostren una forta influència externa pel que fa al seu microclima i també a l’eventual arribada d’il·luminació indirecta o feblement difusa. D’altra banda, no hi ha cap dada faunística sobre els hàbitats subterranis subsuperficials, com ara el M.S.S. (*Milieu Souterrain Superficiel*); i les relacions amb els ambients edàfics propers a les cavitats no han estat objecte d’una recerca rigorosa i sistemàtica. Les condicions adverses que imposa el clima mediterrani semiàrid, junt amb la discontinua coberta vegetal, la proximitat a la línia de costa i l’escolament superficial molt pobre -a causa de la carstificació- són factors que contribueixen a dificultar la vida a l’exterior i fan, en canvi, més habitable l’ecotò que separa els ecosistemes subterranis de les unitats vegetals, edàfiques i rocoses que els envolten.

Tot el que coneixem en l’actualitat sobre la fauna terrestre de les coves de Cabrera es redueix a una vintena d’espècies, fonamentalment troglòfiles i troglòxenes; és a dir, organismes que no mostren els caràcters morfològics dels troglòbics estrictes però que es troben amb certa freqüència -o també, de vegades, d’una manera ocasional (troglòxens)- als sectors inicials de les cavitats. Només dues espècies, el pseudoescorpí *Chthonius ponsi* i l’isòpode *Anaphiloscia simoni* presenten alguns trets troglomòrfics, com ara diferents graus d’anoftàlmia i de despigmentació, si bé no és segur que es tracti d’autèntics troglòbics. Sembla probable que *Chthonius ponsi* es pugui trobar també a l’exterior, mentre que *Anaphiloscia simoni*, encara que ha estat documentat a una sola localitat exterior i a catorze coves de les Balears (Mallorca, Menorca, Cabrera i Dragonera), és considerada com una espècie humícola dins una part considerable de la seva àrea de distribució geogràfica (Garcia, 2013). La part superior de la Taula I reuneix les dades disponibles sobre aquesta troglifauna, escassament especialitzada en el medi subterrani, que consta d’aràcnids, isòpodes terrestres, coleòpters i quiròpters.

Taula I. Llistat de troglofauna i estigofauna de Cabrera Gran i la illa des Conills.

	Espècie	Burri	Llumeta	Cap Ventós	Frare	altres	
escorpins	<i>Euscorpis balearicus</i>	•		•			
pseudoescorpins	<i>Chthonius ponsi</i>				•		
	<i>Chthonius gibbus</i>	•					
araneïds	<i>Scytodes velutina</i>	•					
	<i>Loxosceles rufescens</i>	•		•		••	
	<i>Dysdera crocata</i>	•		•	•		
	<i>Pholcus phalangioides</i>		•	•	•		
	<i>Spermophorides valentiana</i>	•			•		
	<i>Ariadna spinipes</i>	•					
	<i>Neoscona dalmatica</i>				•		
	<i>Liocranum majus</i>	•		•			
	<i>Tegenaria scopifera</i>						•
	opilions	<i>Trogulus balearicus</i>				•	
<i>Anaphiloscia simoni</i>		•	•		•		
isòpodes	<i>Armadillidium espanyoli</i>	•		•			
	<i>Armadillidium granulatum</i>	•					
	<i>Porcellionides sexfasciatus</i>	•					
coleòpters	<i>Asida planipennis</i>					•	
	<i>Percus espanyoli</i>	•					
quiròpters	<i>Plecotus austriacus</i>	•					
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	•					
copèpodes	<i>Stygocyclopia balearica</i>	•	•				
	<i>Exumella mediterranea</i>		•				
	<i>Stephos margalefi</i>		•				
	<i>Muceddina multispinosa</i>		•				
	<i>Troglocyclopina balearica</i>	•	•				
	<i>Speleophriopsis balearicus</i>	•					
	<i>Bogidiella balearica</i>	•					
amfípodes	<i>Pseudoniphargus daviui</i>					••	
	<i>Pseudoniphargus triasi</i>					•	
	<i>Psammogammarus burri</i>	•					
	<i>Salentinella angelieri</i>	•	•				
	<i>Trogloniphargus lloberai</i>		•				
isòpodes	<i>Proasellus coxalis gabriellae</i>					•	
	<i>Typhlocirolana moraguesi</i>	•					
	<i>Metacirolana ponsi</i>	•					
misidacis	<i>Burrinymys palmeri</i>	•					
	<i>Heteromysis cf. formosa</i>		•				
termosbenacis	<i>Tethysbaena scabra</i>	•					
decàpodes	<i>Palaemon serratus</i>		•				
	<i>Stenopus spinosus</i>					•	

habitats terrestres

habitats aquàtics

en negreta	espècies endèmiques de les Balears
en color gris	troglofils i troglòxens terrestres
en color taronja	espècies amb trets troglomòrfics
en color verd	espècies estigòbies eurihalines dels carsts costaners
en color blau clar	talassoestigofauna associada a habitats anquihalins
en color blau fosc	estigòfils trobats a localitats amb aigua dolça
en color siena	estigòxè de localitats amb aigua dolça

En general es tracta d'espècies lapidícoles i fissurícoles, així com d'organismes higròfils i lucífugs que troben microambients favorables a la zona d'entrada de les cavitats i a la transició entre la superfície carstificada i la coberta edàfica. Un altre aspecte remarcable que es pot observar a la Taula I és l'elevada proporció d'espècies endèmiques que apareixen en el llistat. Potser aquest fet és una conseqüència indirecta de l'aridesa del clima (Guijarro, 1993), ja que la complexitat tridimensional dels buits interconnectats que caracteritzen el medi subterrani proporciona una gran diversitat d'espais on molts d'organismes poden trobar un refugi adient quan les condicions a la superfície del terreny esdevenen desfavorables.

Les informacions utilitzades per a l'elaboració de la Taula I procedeixen de Garcia i Cruz (1993), Pons *et al.* (1993), Garcia i Cruz (1996), Gantenbein *et al.* (2001), Pons (2004), Schönhofer i Martens (2008) i Pieras (2016). Les consideracions sobre els trets troglomòrfics de les espècies *Chthonius ponsi* i *Anaphilosia simoni* es fonamenten en Mahnert (1993) i Zaragoza (2006), i Vadell *et al.* (2006) i Garcia (2013) respectivament. L'avaluació del percentatge d'endemismes balears de la troglofauna terrestre de Cabrera, al voltant d'un 30%, està basada en les publicacions de Pons i Palmer (1996), Pons (2015) i Pieras (2016).

FAUNA ANQUIHALINA I COVES COSTANERES

L'estigofauna de Cabrera pot semblar una mica sorprenent si es fa un ràpid balanç de la interessant fauna carcinològica que es coneix des dels anys 90, i sobretot si es considera, al mateix temps, que aquests coneixements procedeixen d'un nombre de coves extremadament limitat. Una primera aproximació crítica a les dades disponibles ens mostra un conjunt de 12 espècies endèmiques, sens dubte molt remarcable, que inclou copèpodes, amfípodes, isòpodes, un misidaci i un termosbenaci; es tracta d'una proporció molt considerable, sobre un total de 20 espècies de crustacis que, de fet, només provenen de cinc localitats. Dues d'aquestes localitats permeten accedir als típics ambients costaners anquihalins (Cova des Burrí i Cova de sa Llumeta), mentre que les altres tres (Font de Can Feliu, Dolç de n'Ensiola i Cocons d'en Gelat) ens donen informació sobre els organismes que poblen les aigües dolces subterrànies i subsuperficials de l'interior del Parc Nacional de Cabrera; encara que segurament es tracta d'una informació molt mins i esbiaixada. D'aquestes consideracions generals es desprèn que, contràriament al que suggereix l'elevat nombre d'espècies descrites a partir dels exemplars capturats als llacs de les dues principals coves del subarxipèlag de Cabrera (Cova des Burrí i Cova de sa Llumeta), són moltes les mancances que encara resten per aclarir sobre les característiques que presenta el poblament de les aigües freàtiques dels seus sistemes càrstics. La comparació amb l'estigofauna de Mallorca i Menorca suggereix que la prospecció dels hàbitats anquihalins, d'aigües salabroses i fins i tot marines, és en l'actualitat a bastament representativa i dóna una idea prou ajustada del que cal trobar dins aquests ambients subterrànics costaners. En canvi, és molt probable que el poc que es coneix actualment sobre el mosaic de petits sistemes càrstics no costaners i ambients freàtics i intersticials de l'interior de Cabrera Gran sigui a hores d'ara massa incomplet i poc significatiu. És per aquestes raons que al llarg d'aquest apartat sobre l'estigofauna de Cabrera es focalitzarà quasi tota l'atenció sobre els hàbitats anquihalins i els llacs de les coves costaneres.

L'estudi de la fauna aquàtica de les dues úniques coves anquihalines que han estat objecte de prospeccions relativament intenses (Cova des Burrí i Cova de sa Llumeta), ha permès la identificació de setze espècies (Taula I), catorze d'elles considerades estigòbies per Gràcia i Jaume (2011). Una proporció considerable d'aquestes espècies han estat trobades per davall de l'haloclina, és a dir dins un medi subterrani anquihalí ocupat per aigües marines (Fig. 1); fet que justifica plenament que Jaume (1993) els qualificués de talassoestigòbies. Es tracta d'un grup d'espècies constituït pels copèpodes *Exumella mediterranea*, *Stephos margalefi* i *Muceddina multispinosa*, l'amfípode *Psammogammarus burri*, els isòpodes *Metacirolana ponsi* i *Troglolaniropsis lloberai*, i el misidaci *Burrimysis palmeri* (Fig. 2); resulta prou significatiu que a la Cova de sa Llumeta alguns d'aquests crustacis talassoestigòbis es trobin junts amb el misidaci *Heteromysis* cf. *formosa* i el decàpode estigòfil *Palaemon serratus*, els quals freqüenten també les coves submarines. D'altra banda, hi ha

un altre grup d'espècies que es poden agrupar com a estigobis eurihalins, i que es distribueixen més a dalt, en la vertical de la columna d'aigua dels llacs anquihalins, des de la seva superfície fins més enllà de l'haloclina. Aquesta altra comunitat d'espècies està constituïda pels copèpodes *Stygocyclopia balearica*, *Troglocyclopina balearica* i *Speleophriopsis balearicus*, els amfípodes *Bogidiella balearica* i *Salentinella angelieri*, l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*, i el termosbenaci *Tethysbaena scabra*, que sembla associat als ambients eutrofitzats i de vegades anòxics propers a les haloclines. El caràcter eurihalí d'aquestes espècies es manifesta molt bé en el cas de l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*, ja que a Mallorca se'l pot trobar tant a les aigües salades més profundes de la Cova Genovesa (Manacor) o la Cova des Coll (Felanitx) com a les aigües dolces de la Cova de sa Font (Sa Dragonera) o de la Cova des Estudiants (Sóller).

Les informacions utilitzades per a l'elaboració de la Taula I procedeixen de Ginés i Ginés (1977), Ginés (1983), Jaume (1990, 1991, 1993 i 1995), Pretus (1991), Jaume i Garcia (1992a, 1992b, 1992c i 1993), Corbera *et al.* (1993), Uriz *et al.* (1993), Jaume i Boxshall (1995a, 1995b, 1996a i 1996b) i Jaume *et al.* (2008). La major part de les esmentades publicacions contenen informació estrictament taxonòmica, o zoològica de caràcter general, i només en alguns casos fan aportacions de caire ecològic. Pel que fa a les dades de salinitat dels llacs de la Cova des Burri i de la Cova de sa Llumeta, un seguit d'informacions indirectes permeten diferenciar amb claredat la ubicació del conjunt d'espècies estigòbies eurihalines que predominen a la zona superior (fins a la part més superficial dels llacs), i diferenciar-les respecte de la talassoestigofauna que resta confinada per davall de les haloclines que presenten ambdues coves, al voltant de 1,5 m (Boxshall i Jaume, 2000) i 1,8 m de profunditat respectivament (Jaume, 1995). L'avaluació del percentatge d'endemismes balears de l'estigofauna del subarxipèlag de Cabrera, que comprèn fins a un 60% de les espècies, està basada en les publicacions de Pons i Palmer (1996), Gràcia i Jaume (2011), Pons (2015) i Pieras (2016).

CONCLUSIONS

La Taula I reflecteix l'estat actual dels coneixements disponibles sobre les espècies que formen part de les comunitats faunístiques i dels ecosistemes subterranis de Cabrera, però al mateix temps amaga moltes limitacions i mancances que caldria compensar amb futures recerques. Seria necessari implementar, per exemple, les prospeccions bioespeleològiques convencionals a les poques coves que permeten accedir a biòtops terrestres representatius de la zona profunda; és a dir als substrats de colades estalagmítiques i sediments argilosos a bastament allunyats de les fluctuacions higromètriques i tèrmiques de la zona d'entrada. Però també seria convenient dedicar una atenció especial a la fauna edàfica relacionada amb l'epicarst, sense oblidar la coberta de regolita i pedruscall que, en alguns casos, podria constituir un M.S.S. adient per a la recerca de fauna terrestre troglòbia.

L'ecologia de les coves i surgències submarines (conegudes amb el nom popular de "dolços"), així com les relacions de connectivitat amb els biòtops anquihalins i les seves comunitats de fauna estigòbia, es poden complementar amb altres dades comparables obtingudes als diversos carsts costaners de Mallorca i Menorca. L'abundant informació biogeogràfica recol·lectada sobre la fauna aquàtica subterrània de les Balears ha permès efectuar recentment investigacions sobre el genoma mitocondrial d'estigobis que tenen representants a Cabrera, com ara *Pseudoniphargus daviui* i *Tethysbaena scabra* (Stokkan *et al.*, 2015 i Cánovas *et al.*, 2016, respectivament). Seria interessant renovar l'interès de l'estudi dels ecosistemes subterranis del *Parc Nacional marítim-terrestre de l'arxipèlag de Cabrera* des del punt de vista de l'ecologia i de la biologia molecular, però sense deixar de banda la necessitat d'anar completant gradualment la base de coneixements taxonòmics disponibles, recuperant així l'impuls dels anys 90.

AGRAÏMENTS

Tant les figures com el text s'han beneficiat dels suggeriments i les millores aportades per Joaquín Ginés. El meu agraïment es fa extensiu també a Francesc Gràcia, qui a més de la seva experiència en la prospecció dels biòtops anquihalins de Cabrera (amb el mestratge de Damià Jaume) ens ha facilitat la publicació de la fotografia de *Burrimysis palmeri*.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.) 1993. *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 778 pp.
- Alcover, J.A., Font, A. i Trias, M. 1997. Primera troballa de fauna vertebrada pliocènica a Cabrera. *Endins*, 21: 79-82.
- Ballesteros, E. 2000a. Comunidades bentónicas. In: García-Canseco, V. (coord.). *Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera*. Editorial Sfgnags, Talavera de la Reina. 189-206.
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., García-Rubies, A. i Turón, X. 1993. XLIV. El bentos: les comunitats. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 687-730.
- Bellés, X. 1987. *Fauna cavernícola i intersticial de la península Ibèrica i les Illes Balears*. Monografies Científiques 4, CSIC-Editorial Moll, Palma de Mallorca. 207 pp.
- Bellés, X. 1994. Las cuevas del archipiélago de Cabrera y su patrimonio bioespeleológico. *Subterránea*, 2: 38-42.
- Boxshall, G.A. i Jaume, D. 2000. Discoveries of cave Misophrioids (Crustacea: Copepoda) shed new light on the origin of anchialine faunas. *Zoologischer Anzeiger*, 239: 1-19.
- Camacho, A.I. (ed.) 1992. *The Natural History of Biospeleology*. Monografias Museo Nacional de Ciencias Naturales, C.S.I.C. Madrid. 680 pp.
- Cánovas, F., Jurado-Rivera, J.A., Cerro-Gálvez, E., Juan, C., Jaume, D. i Pons, J. 2016. DNA barcodes, cryptic diversity and phylogeography of a W mediterranean assemblage of thermosbaenacean crustaceans. *Zoologica Scripta*, 45 (6): 659-670.
- Corbera, J., Ballesteros, E. i Garcia, L. 1993. XXXVII. Els crustacis decàpodes. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 579-587.
- Culver, D.C. i Pipan, T. 2009. *The Biology of Caves and other Subterranean Habitats*. Oxford University Press, New York. 254 pp.
- Culver, D.C. i Pipan, T. 2014. *Shallow Subterranean Habitats. Ecology, evolution and Conservation*. Oxford University Press, Oxford. 258 pp.
- Encinas, J.A. 2014. *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor, Pollença. 1355 pp.
- Gantenbein, B., Soleglad, M.E. i Fet, V. 2001. *Euscorpius balearicus* Caporiacco, 1950, stat. nov. (Scorpiones: Euscorpiidae): molecular (allozymes and mtDNA) and morphological evidence for an endemic Balearic Islands species. *Organisms Diversity & Evolution*, 1: 301-320.
- Garcia, Ll. 2013. *Anaphiloscia simoni* (Racovitza, 1907). *fixes Bioatles 2013*. Servei de protecció d'espècies, GOIB. https://www.caib.es/sites/proteccioespecies/ca/ll/bv_fixes_bioatles_-_fauna_-_invertebrats-10354/?mcont=70900.
- Garcia, Ll. i Cruz, A. 1993. XIX. Els isòpodes terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 323-332.
- Garcia, Ll. i Cruz, A. 1996. Els isòpodes terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) de les illes Balears: catàleg d'espècies. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 39: 77-99.
- Giachino, P.M. i Vailati, D. 2010. *The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques*. WBA Handbooks, 3. Verona: 129 pp.
- Gibert, J., Danielopol, D.L. i Stanford, J.A. (eds) 1994. *Groundwater Ecology*. Academic Press, San Diego. 571 pp.
- Ginés, A. 1983. *Bioespeleologia del karst mallorquí. Datos ecológicos preliminares*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Palma de Mallorca. 219 pp.
- Ginés, A. 1993. IX. Morfologies exocàrstiques. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 153-160.
- Ginés, A. i Ginés, J. 1977. Datos bioespeleológicos obtenidos en las aguas cársticas de la isla de Mallorca. Comunicacions del 6è Simposium d'Espeleologia, Terrassa: 81-95.
- Ginet, R. i Decou, V. 1977. *Initiation à la Biologie et à l'Écologie Souterraines*. Éditions Universitaires, Jean-Pierre Delarge, Paris. 345 pp.
- Gràcia, F. i Jaume, D. 2011. La fauna aquàtica dels habitats anquihalins i dolçaqüícoles de les cavitats balears. *Endins*, 35: 257-268.
- Guijarro, J.A. 1993. X. Climatologia. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 161-174.
- Harmelin, J.G., Vacelet, J. i Vasseur, P. 1985. Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Téthys*, 11 (3-4): 214-229.
- Hart, C.W., Manning, R.B. i Iliffe, T.M. 1985. The fauna of atlantic marine caves: evidence of dispersal by sea floor spreading while maintaining ties to deep waters. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 98 (1): 288-292.
- Iliffe, T.M. i Kornicker, L.S. 2009. Worldwide diving discoveries of living fossil animals from the depths of anchialine and marine caves. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 38: 269-280.
- Jaume, D. 1990. Estigofauna de les petites illes del Sud de Mallorca: Cabrera i Dragonera. *Endins*, 16: 41-46.
- Jaume, D. 1991. Two new species of the amphipod genus *Pseudoniphargus* (Crustacea). *Stygologia*, 6 (3): 177-189.

- Jaume, D. 1993. XVIII. Fauna carcinològica de les aigües continentals. *In*: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 309-322.
- Jaume, D. 1995. Presence of troglobitized Janiridae (Isopoda: Asellota: Janiroidea) in anchihaline caves of the Balearic Islands (Mediterranean); description of *Trogloianiropsis lloberai* n. gen., n. sp. *Contributions to Zoology*, 65 (3): 177-187
- Jaume, D. i Boxshall, G.A. 1995a. A new species of *Exumella* (Copepoda: Calanoida: Ridgewayiidae) from anchihaline caves in the Mediterranean. *Sarsia*, 80: 93-105.
- Jaume, D. i Boxshall, G.A. 1995b. *Stygocyclops balearica*, a new genus and species of calanoid copepod (Pseudocyclopiidae) from anchihaline caves in the Balearic Islands (Mediterranean). *Sarsia*, 80: 213-222.
- Jaume, D. i Boxshall, G.A. 1996a. A new genus and two new species of cave dwelling Misophrioid copepods from the Balearic Islands (Mediterranean). *Journal of Natural History*, 30: 989-1006.
- Jaume, D. i Boxshall, G.A. 1996b. Two new genera of cyclopinid copepods (Crustacea) from anchihaline caves on western Mediterranean and eastern Atlantic islands. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 117: 283-304.
- Jaume, D., Boxshall, G.A. i Gràcia, F. 2008. *Stephos* (Copepoda: Calanoida: Stephidae) from Balearic caves (W Mediterranean). *Systematics and Biodiversity*, 6 (4): 503-520.
- Jaume, D. i Garcia, Ll. 1992a. Nota preliminar sobre la presència de crustacis talasoestigobionts a una cova litoral de l'illa de Cabrera (Balears). *Endins*, 17-18: 57-59.
- Jaume, D. i Garcia, Ll. 1992b. A new *Psammogammarus* (Amphipoda: Melitidae) from Cabrera (Balearic Islands). *Stygologia*, 7 (2): 107-115.
- Jaume, D. i Garcia, Ll. 1992c. A new *Metacirolana* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) from an anchihaline cave lake on Cabrera (Balearic Islands). *Stygologia*, 7 (3): 179-186.
- Jaume, D. i Garcia, Ll. 1993. *Burrimysis palmeri*, a new genus and species of Heteromysini (Crustacea: Mysidacea) from an anchihaline cave lake of Cabrera (Balearic Islands, Mediterranean). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 62 (4): 227-235.
- Juberthie, C. 2000. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. *In*: *Subterranean Ecosystems. Ecosystems of the World 30*. Elsevier Science B.V., Amsterdam. 17-39.
- Juberthie, C. i Decu, V. 1994. Structure et diversité du domain souterrain; particularités des habitats et adaptations des espèces. *In*: Juberthie, C. i Decu, V. (eds.) *Encyclopaedia Biospeologica, Tome I*. Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest. 5-22.
- Mahnert, V. 1993. Pseudoskorpione (Arachnida: Pseudoscorpiones) von Inseln des Mittelmeers un des Atlantiks (Balearn, Kanarische Inseln, Madeira, Ascension), mit vorwiegend subterraneaner Lebensweise. *Revue Suisse de Zoologie*, 100 (4): 971-992.
- Martínez-Rius, A., Rodríguez-Fernández, R., Pedrera, A. i Gordiola, P. 2018. *Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Guía Geológica*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 203 pàgs.
- Montoriol-Pous, J. 1961. El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 12 (1-2): 5-34.
- Morales, R., Robledo, P.A., Durán, J.J. i Castro, A. 2016. Capítol 6: Las aguas subterráneas en el archipiélago de Cabrera. *In*: Robledo, P.A. (ed.) *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 143-170.
- Pieras, J. 2016. *Anàlisi de la distribució dels endemismes invertebrats de l'arxipèlag de Cabrera en l'aplicació d'un SIG*. Memòria de Grau de Geografia, Universitat de les Illes Balears. 56 pàgs.
- Pons, G.X. 2004. Biogeografia, ecologia i taxonomia de les aranyes (Arachnida, Araneae) cavernícoles de les Illes Balears. *Endins*, 26: 83-104.
- Pons, G.X. 2015. Els invertebrats endèmics de les illes Balears: actualització del seu catàleg i apunts per a la seva conservació. *In*: *Llibre verd de protecció d'espècies a les Balears*. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 20. Palma. 181-206.
- Pons, G.X. i Palmer, M. 1996. *Fauna endèmica de les illes Balears*. Institut d'Estudis Baleàrics. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 5. Palma. 307 pp.
- Pons, G.X., Benzal, J., Hinchcliffe, G. i Strachan, R. 1993. Murciélagos (Mammalia, Chiroptera) del archipiélago de Cabrera. Evaluación de las poblaciones y propuestas de conservación. *Endins*, 19: 37-41.
- Pretus, J.Ll. 1991. *Estudio taxonómico, biogeográfico y ecológico de los crustáceos epigeos e hipogeos de las Baleares (Branchiopoda, Copepoda, Mystacocarida y Malacostraca)*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona. 513 pp.
- Racovitza, E.G. 1907. Essai sur les problèmes Biospéologiques. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, IVe Série, Tome VI: 371-488.
- Riedl, R. 1966. *Biologie der Meereshöhlen*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 636 pp.
- Riedl, R. i Ozretić, B. 1969. Hydrobiology of marginal caves. Part I. General problems and introduction. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 54 (5): 661-683.
- Robledo, P.A., Durán, J.J., Tienda, A. i Castañer, R. 2016. Capítol 7: El agua y el karst: los escultores del relieve. *In*: Robledo, P.A. (ed.) *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 171-200.
- Schönhöfer, A.L. i Martens, J. 2008. Revision of the genus *Trogulus* Latreille: the *Trogulus coriziformis* species-group of the western Mediterranean (Opiliones: Trogulidae). *Invertebrate Systematics*, 22: 523-554.

- Sket, B. 1981. Fauna of anchialine (coastal) cave waters, its origin and importance. Proceedings of the Eighth International Congress of Speleology, Bowling Green: 645-647.
- Sket, B. 1986. Ecology of the mixohaline hypogean fauna along the Yugoslav coasts. *Stygologia*, 2 (4): 317-338.
- Sket, B. 2012. The Adriatic coast as the cradle of anchihaline (anchialine) Ecology. *Natura Croatica*, 21 (Suppl.1): 91-94.
- Sket, B. i Iliffe, T.M. 1980. Cave fauna of Bermuda. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 65 (6): 871-882.
- Stock, J.H., Iliffe, T.M. i Williams, D. 1986. The concept "anchialine" reconsidered. *Stygologia*, 2 (1-2): 90-92.
- Stokkan, M., Jurado-Rivera, J.A., Juan, C., Jaume, D. i Pons, J. 2015. Mitochondrial genome rearrangements at low taxonomic levels: three distinct mitogenome gene orders in the genus *Pseudoniphargus* (Crustacea: Amphipoda). *Mitochondrial DNA Part A*, 27 (5): 3579-3589.
- Trias, M. 1993. VIII. Catàleg espeleològic. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 131-152.
- Trias, M., Ramis, D., Riera, M., Llovera, P., Salom, J. i Riera, M.M. 2009. Noves aportacions al coneixement de la Cabrera prehistòrica (Illes Balears). *Endins*, 33: 125-138.
- Uriz, M.J., Rosell, D. i Martín, D. 1992. The sponge population of the Cabrera Archipelago (Balearic Islands): characteristics, distribution, and abundance of the most representative species. *Marine Ecology*, 13 (2): 101-117.
- Uriz, M.J., Zabala, M., Ballesteros, E., Garcia-Rubies, A. i Turón, X. 1993. XLV. El bentos: les coves. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 731-748.
- Vadell, M., Zaragoza, J.A., Jordana, R., Garcia, Ll., Gràcia, F. i Clamor, B. 2006. Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola terrestre de las Coves del Pirata, Cova des Pont, Cova de sa Piqueta y la Cova des Xots (Manacor, Mallorca, Balears). *Endins*, 29: 75-98.
- Vandel, A. 1964. *Biospéologie. La Biologie des Animaux Cavernicoles*. Gauthier-Villars Éditeur, Paris. 619 pp.
- Zaragoza, J.A. 2006. Catálogo de los Pseudoescorpiones de la Península Ibérica e Islas Baleares (Arachnida: Pseudoescorpiones). *Revista Ibérica de Aracnología*, 13: 3-91.

CONTRIBUCIÓ A L'ACTUALITZACIÓ DE L'INVENTARI DE LA FAUNA QUIROPTEROLÒGICA DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

David García

Domingo Trujillo

Iniciativa de Recerca de la Biodiversitat de les Illes (IRBI),
Pina (Algaida) Mallorca.

Iniciativa de Recerca de la Biodiversitat de les Illes (IRBI)".
Pina (Algaida) Mallorca.

info@irbi.org

SECEMU. Los Realejos. Tenerife.

García, D. i Trujillo, D. (2020). Contribució a l'actualització de l'inventari de la fauna quiropterològica de l'arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Es documenta per primera vegada la presència de *Pipistrellus kuhlii* i *Eptesicus serotinus* a l'arxipèlag de Cabrera. L'inventari de quiròpters a aquestes illes està format per sis espècies: *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii*, *Eptesicus serotinus*, *Plecotus austriacus*, *Miniopterus schreibersii* i *Tadarida teniotis*. Davant la manca de proves feaents sobre la presència d'espècies del gènere *Rhinolophus* i *Myotis* a Cabrera, mencionades per altres autors, s'exclouen del catàleg. S'aporten mapes de distribució de les diferents espècies de ratapinyades dins aquest àmbit geogràfic.

Paraules Clau: *Quiròpters, Pipistrellus kuhlii, Hypsugo savii, Eptesicus serotinus, Plecotus austriacus, Miniopterus schreibersii, Tadarida teniotis*

ABSTRACT

The presence of *Pipistrellus kuhlii* and *Eptesicus serotinus* is documented for the first time in the archipelago of Cabrera. The inventory of bats for these islands consists of six species: *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii*, *Eptesicus serotinus*, *Plecotus austriacus*, *Miniopterus schreibersii* and *Tadarida teniotis*. Given the lack of reliable evidence on the presence of species of the genus *Rhinolophus* and *Myotis* in Cabrera, mentioned by other authors, is excluded from the catalog. Geographical distribution of the different species of bats within this area is provided in the attached maps.

Keywords; *Chiroptera, Pipistrellus kuhlii, Hypsugo savii, Eptesicus serotinus, Plecotus austriacus, Miniopterus schreibersii, Tadarida teniotis*

INTRODUCCIÓ

Els treballs de corologia de ratapinyades a Balears desenvolupats el els darrers anys han propiciat una millora substancial del coneixement d'aquest grup faunístic. Actualment el catàleg està format per 17 espècies presents al conjunt de les Illes Balears: *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis daubentonii*, *Myotis capaccinii*, *Myotis emarginatus*, *Myotis escalerae*, *Myotis myotis*, *Eptesicus serotinus*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii*, *Barbastella barbastellus*, *Plecotus austriacus*, *Miniopterus schreibersii* i *Tadarida teniotis* (Alcover i Muntaner, 1986; Noblet, 1995; Quetglas, 1997; Trujillo i García, 2009; Green i Riddford 2009; Trujillo *et al.*, 2008). *Rhinolophus mehelyi* va ser citat per Balcells (1968) a Mallorca, però actualment es considera probablement extint a Balears (Mejías i Amengual, 2000). També s'ha citat la presència de *Nyctalus lasiopterus* i *Nyctalus leisleri* a Balears (Serra-Cobo *et al.*, 2007; Serra-Cobo *et al.*, 2011), cites que es basen únicament en la identificació mitjançant acústica, sense la captura de cap exemplar, per la qual cosa aquestes cites no compten en l'actualitat amb suficient fiabilitat com per ser acceptades.

Els estudis de la fauna quiropterològica a l'arxipèlag de Cabrera han estat escassos (Rey 1974; Pons *et al.* 1991), i només havien permès identificar fins al moment quatre espècies: *Plecotus austriacus*, *Hypsugo savii*, *Miniopterus schreibersii* i *Tadarida teniotis*. Diverses fonts bibliogràfiques han assenyalat la presència d'altres espècies, les quals no han estat suficientment contrastades, com és el cas de *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Pipistrellus pipistrellus* i *Eptesicus serotinus* (Balcells i Serra, 1987; Amengual, 1991; Pons *et al.*, 1993). Davant aquestes circumstàncies, es recomana dur a terme un estudi que permeti aclarir la situació real d'aquests mamífers que habiten el Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera.

MATERIAL I MÈTODES

ÀREA D'ESTUDI

L'arxipèlag de Cabrera es situa al sud de Mallorca, a una distància de 9 kilòmetres des de l'illot de na Foradada fins al Cap de Ses Salines, i està format per 19 illes i illots amb una superfície total de 1836 ha i una altura màxima de 172 m. La major és Cabrera, amb un perímetre de 38 km i una superfície de 1569 ha. La vegetació està constituïda majoritàriament per arbusts de caràcter esclerofil·le com l'ullastre (*Olea europaea*), la mata (*Pistacia lentiscus*) i el romaní (*Rosmarinus officinalis*), mentre que el pi blanc (*Pinus halepensis*) forma una massa arbòria predominant a l'interior de Cabrera Gran. Les illes i illots no tenen recursos d'aigües obertes, amb l'única excepció de la Bassa del Clot des Guix que acostuma a quedar-se eixuta durant els mesos estivals. La costa és predominantment abrupta, fet que afavoreix la presència d'esquerdes als penya-segats marins adients per a que els quípters trobin refugi. A més, existeix un alt nombre de cavitats àmpliament distribuïdes per l'arxipèlag.

MOSTREJOS DE CAMP

Entre 2005 i 2007 es varen dur a terme una sèrie de prospeccions a l'arxipèlag de Cabrera, amb cinc visites: 14-17 de juny de 2005; 23-27 de novembre de 2006; 19-25 de gener de 2007; 30 d'abril a 6 de maig de 2007 i 17 de novembre de 2007. El treball de camp es va realitzar amb la combinació de diferents metodologies de mostreig, tal com suggereix Flaquer *et al.* (2007). La captura d'exemplars es va realitzar utilitzant filats de diferents mides (entre 3 i 12 metres), que es van ubicar majoritàriament a l'entrada de cavitats i a zones de pas de ratapinyades com ara camins a l'interior de zones arbrades. També es van realitzar captures de ratapinyades a ple vol, mitjançant la tècnica de l'ham (veure Trujillo, 1991). Aquestes captures han estat incruentes i els animals s'alliberaren posteriorment. S'han realitzat transectes a peu amb el detector d'ultrasons, així com estacions de detecció. Es varen utilitzar dos detectors d'ultrasons de la marca Pettersson Elektronik AB, models D960 i D240x, amb sistema heterodí, divisió de freqüència i temps expandit. Per les gravacions es va utilitzar una gravadora digital (Zoom H2) i posteriorment amb el programa Bat Sound 3.31 (Pettersson Elektronik AB) es varen analitzar els sonogrames corresponents per a la determinació de les espècies. Es varen prospectar tres cavitats idònies per ratapinyades (cova des Teatre, cova des Frare, avenc d'en Picamosques), i es varen col·locar trampes a la cova des Burrí, la cova des Cap Ventós, la cova de sa Llumeta i a la cova des Penyal Blanc. També es va prospectar l'interior d'algunes edificacions, que poden ser emprades per espècies de caràcter antropòfil. Aquestes han estat: es Castell, les cases del far de n'Ensiola i la caseta antiga de llum a la cala en Ganduf. Per als mapes de distribució de les diferents espècies constatades a Cabrera s'han utilitzat quadrícules d'1x1 km (UTM). Als exemplars capturats se'ls va extreure una mostra d'ambdós dàctilo-patagis amb un bio-punch, que es va conservar en tubs eppendorf amb etanol al 70%. Les anàlisis moleculars varen ser realitzades posteriorment a l'Estació Biològica de Doñana (CSIC).

RESULTATS

S'han obtingut 23 contactes corresponents a les quatre espècies de quípters que ja havien estat citades a Cabrera: *Hypsugo savii*, *Plecotus austriacus*, *Miniopterus schreibersii* i *Tadarida teniotis*. A més, s'ha constatat la presència de *Pipistrellus kuhlii* a l'illa de Cabrera. També s'ha recollit informació

feient sobre *Eptesicus serotinus*, que havia estat capturat al parc amb anterioritat al període d'estudi.

RELACIÓ DE ESPÈCIES

Família Vespertilionidae

Ratapinyada de vores clares *Pipistrellus kuhlii* Kuhl, 1819

No existia cap referència de *Pipistrellus kuhlii* dins l'àmbit de l'arxipèlag de Cabrera. Únicament Pons *et al.* (1993), citen la detecció d'un quiròpter del gènere *Pipistrellus*, amb la indicació de que es podria tractar de *Pipistrellus pipistrellus*.

Durant la nit del 18 de juny de 2005 es varen detectar amb el receptor d'ultrasons, a les proximitats del Port de Cabrera, polsos sònics a màxima intensitat (Fmax) al voltant de 37-38 khz. La confirmació de la presència d'aquesta espècie a l'arxipèlag de Cabrera es va obtenir amb la captura d'un exemplar el 27 d'octubre de 2006. Es tractava d'una femella adulta que s'estava alimentant al voltant de les faroles que es troben al campament. L'avantbraç mesurava 31,75 mm i el pes era de 5,4 grams. Els resultats de les anàlisis d'ADN realitzats amb les mostres de patagi d'aquest exemplar han corroborat la correcta identificació de l'espècie, de manera que aquesta resulta la primera evidència de la presència d'aquest vespertiliònid a Cabrera.

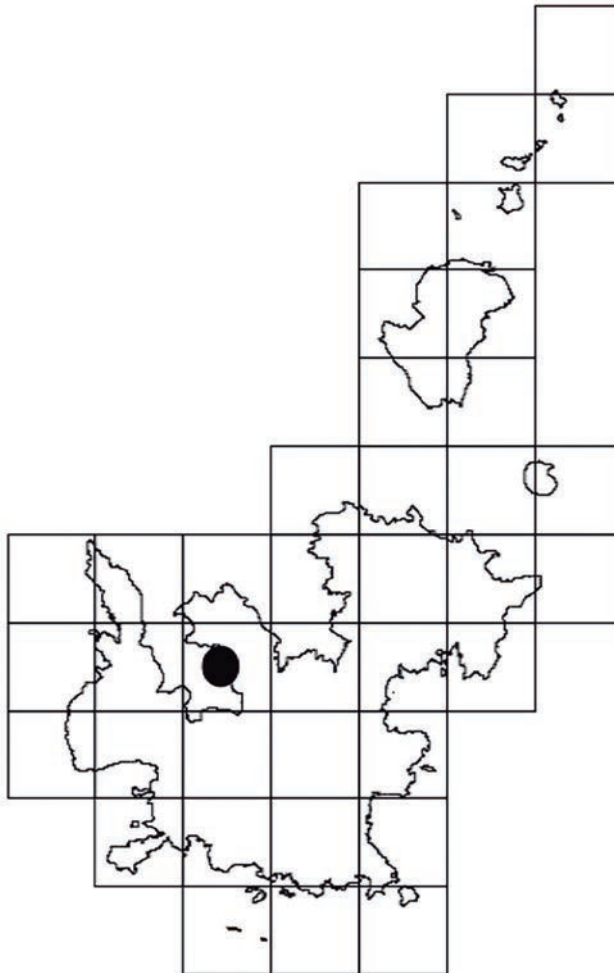


Figura 1. Distribució de la ratapinyada de vores clares (*Pipistrellus kuhlii*).

Orelluda grisa *Plecotus austriacus* Fischer, 1829

Constatada per primera vegada a Cabrera al 1986, quan un exemplar va ser capturar a la cova des Burri (Alcover, 1993). Pons *et al.* (1993), la consideren comuna a l'illa, i fan menció d'haver-la detectat en diverses ocasions.

Al juny de 2005 es va capturar un mascle adult a la Cova des Burri. Posteriorment es va tornar a constatar la presència d'aquesta espècie a la cavitat, quan es va observar un exemplar reposant el dia 23 d'octubre de 2006. Una altra localitat on s'ha confirmat la seva presència és als penya-segats de Cap Ventós, on es va poder observar un exemplar que intentava entrar a la cavitat, i que va poder ser identificat gràcies a la característica silueta de les seves orelles a contrallum. Per una altra banda, també s'han trobat a la cova dels Francesos i a la cova des Teatre restes d'ales de lepidòpters que podrien ser atribuïdes a preses devorades per *Plecotus austriacus*.

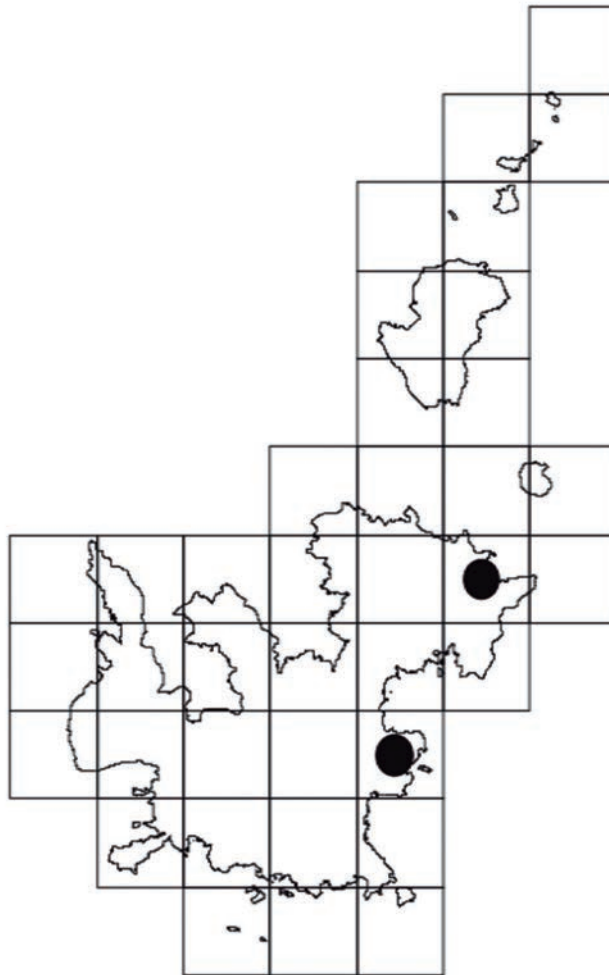


Figura 2. Distribució de l'Orelluda grisa (*Plecotus austriacus*).

Ratapinyada de muntanya *Hypsugo savii* Bonaparte, 1837

La primera referència d'aquesta ratapinyada va ser de Rey (1974). Posteriorment, Pons *et al.* (1993), mencionen que l'espècie és comuna a Cabrera, i que es tracta del quiròpter més abundant. Per una altra banda, també ha estat capturat durant les jornades d'anellament científic de passeriformes que es realitzen a Cabrera, com va ocórrer per exemple durant el transcurs de la campanya primaveral de 2005, quan es va capturar un mascle (J. Amengual, com. pers.). També han aparegut en algunes ocasions exemplars morts al Celler, que han estat trobats pel personal del parc.

Es tracta del quiròpter més freqüent de les espècies que són fàcilment detectables amb el receptor d'ultrasons. Es varen obtenir un total de sis cites a l'illa de Cabrera, a les localitats següents: Port de Cabrera, es Penyal Blanc, s'Espalmador, Burri, n'Ensiola i cap Ventós. Les localitats d'es Penyal Blanc i Cap Ventós, corresponen a llocs on s'ha confirmat que l'espècie utilitza els penya-segats com a refugi. A més, aquest vespertiliònid ha estat constatat per primera vegada a l'illot des Conills.

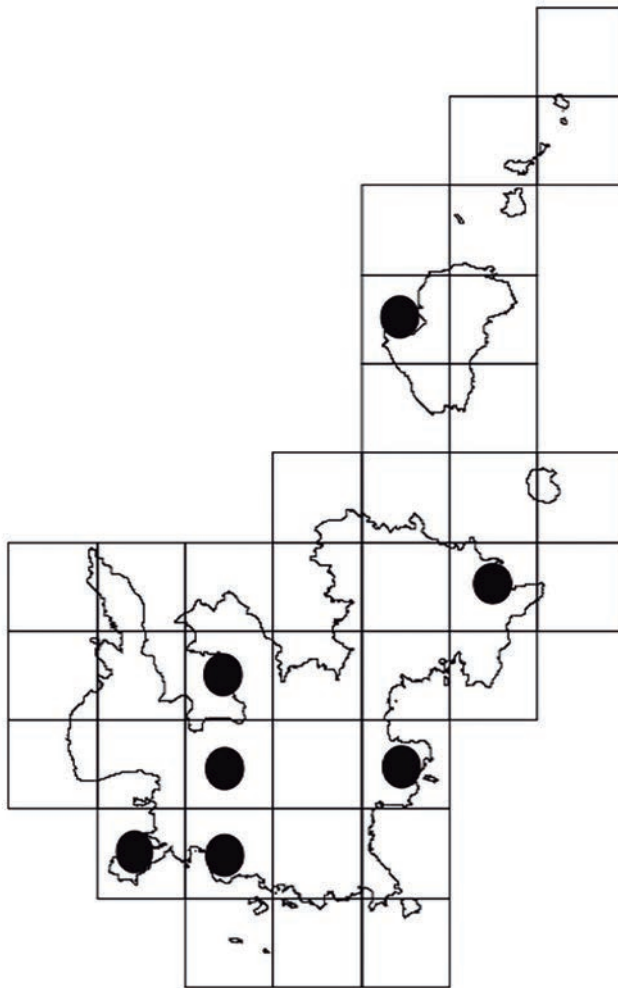


Figura 3. Distribució de la ratapinyada de muntanya (*Hypsugo savii*).

Ratapinyada dels graners *Eptesicus serotinus* Schreber, 1774

Pons *et al.* (1993) mencionen que és possible la presència d'*Eptesicus serotinus*, encara que no aporten cap dada que recolzi aquesta afirmació. El 24 de setembre de 1996 durant la campanya d'anellament de passeriformes del GOB a Cabrera, es va capturar un exemplar amb els filats (P. Garcías com. pers.), i l'espècie va ser determinada pels mateixos anelladors. Gràcies a les fotos realitzades per un dels ornitòlegs (P. Garcías), s'ha pogut confirmar que es tractava realment d'aquesta espècie.

Durant el transcurs de l'estudi, es va dedicar un important esforç a tractar de registrar l'espècie amb el detector d'ultrasons, sense obtenir resultats positius.



Figura 4. Ratapinyada dels graners (*Eptesicus serotinus*) capturada el 24 de setembre de 1996 durant la campanya d'anellament de passeriformes (Foto: Pere Garcías).

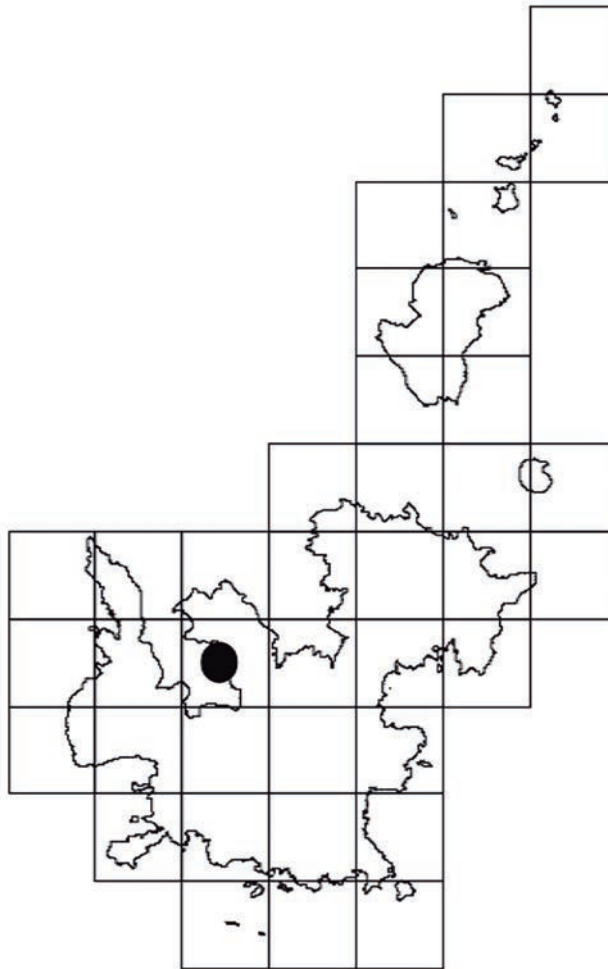


Figura 5. Distribució de la ratapinyada dels graners (*Eptesicus serotinus*).

Ratapinyada de cova *Miniopterus schreibersii* Kuhl, 1817

Es tracta de l'únic quiròpter de caràcter cavernícola registrat a l'arxipèlag de Cabrera. Aquest minioptèrid va ser citat per primera vegada per Rey (1974). Alcover i Muntaner (1986), recullen la dada de l'existència d'exemplars col·lectats a Cabrera i depositats a la col·lecció del Museu Nacional de Ciències Naturals de Madrid. Concretament es tracta de cinc mascles i tres femelles, de les quals una prové de la cova des Burrí (Ibáñez i Fernández, 1989). Pons *et al.* (1993) donen constància de la presència de l'espècie a la Cova des Burrí amb les següents observacions: 40 exemplars el mes de març, tres exemplars al maig i tres més el 12 d'agost de 1993, encara que es varen capturar sis exemplars mentre sortien de la cavitat.

En les visites a la cova des Burrí durant els mesos de maig, juny i gener es va comprovar l'absència de l'espècie a la cavitat. En canvi, el 23 de novembre de 2006 es varen comptabilitzar 10 exemplars, i el 17 de novembre de 2007 hi havia cinc individus. Es té informació d'agrupacions formades per 50-60 exemplars el 16 d'abril de 1992 i posteriorment el 30 d'abril del mateix any tan sols es varen comptabilitzar 10 exemplars (J. M. González, com. pers.). Per altra banda, al juny de 2005 al camí d'Es Penyal Blanc fins a Can Feliu, es van detectar com a mínim tres exemplars, i es va capturar un mascle adult.



Figura 6. Ratapinyada de cova (*Miniopterus schreibersii*) a la cova des Burrí.

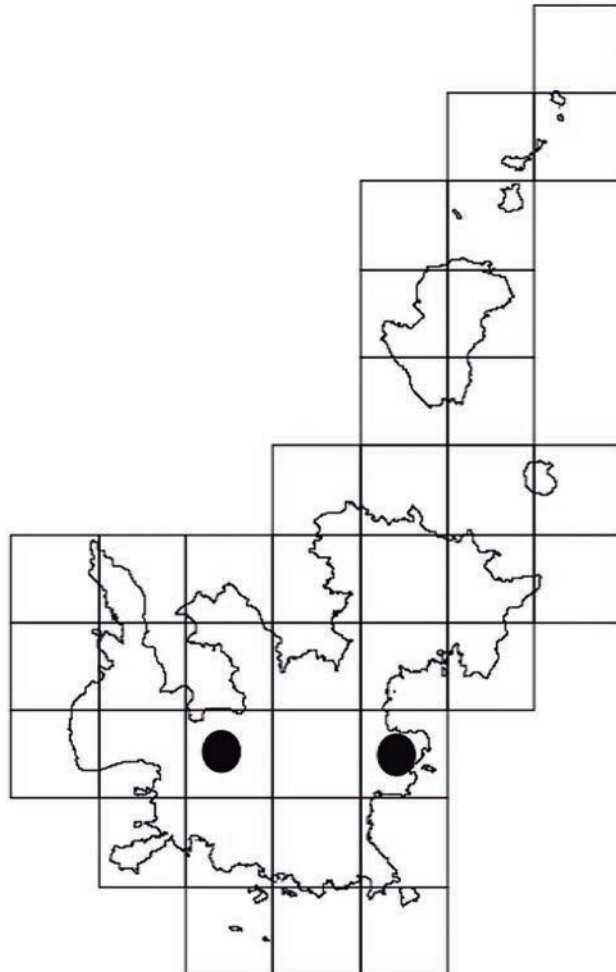


Figura 7. Distribució de la ratapinyada de cova (*Miniopterus schreibersii*).

Família Molossidae

Ratapinyada de coa llarga *Tadarida teniotis* Rafinesque, 1814

Aquest molòssid va ser citat per primera vegada a l'arxipèlag de Cabrera per Pons *et al.* (1993), a les proximitats de la Cova des Burri, així com a d'altres punts de l'illa. Aquests autors mencionen que es tracta d'una espècie freqüent a l'illa de Cabrera.

S'han obtingut cinc cites d'aquesta ratapinyada fissurícola a Cabrera, a les següents localitats: Na Picamosques, es Penyal Blanc, es Port de Cabrera, Burri i Cap Ventós. Les deteccions d'es Penyal Blanc i Cap Ventós corresponen a individus que sortien de les esquerdes del penya-segat. La resta de contactes ha estat sempre exemplars solitaris no lligats al territori. També s'ha constatat per primera vegada la seva presència a l'illa des Conills, concretament als penya-segats de s'Escala des Governador. Els resultats obtinguts assenyalen que es tracta d'un quíropter escàs dins aquest territori insular. Tenint en compte la seva capacitat de desplaçament, aquesta espècie podria realitzar moviments a Mallorca en aquelles èpoques en què hi ha manca d'aliment.

DISCUSSIÓ

L'actual inventari de quíropters de Cabrera està integrat per sis espècies: *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii*, *Eptesicus serotinus*, *Plecotus austriacus*, *Miniopterus schreibersii* i *Tadarida teniotis*. Cal puntualitzar que els pocs registres amb el detector d'ultrasons durant els recorreguts realitzats a Cabrera indiquen en general una baixa densitat de ratapinyades, essent les espècies més comunes *Hypsugo savii* i *Tadarida teniotis*. Per tant, es podria interpretar que malgrat existeixi una certa riquesa d'espècies a Cabrera, les poblacions són relativament escasses, degut possiblement a les pròpies condicions ambientals de l'arxipèlag.

Pons *et al.* (1993) mencionen la possibilitat de l'existència de dos nou gèneres per Cabrera: *Pipistrellus* i *Myotis*. Mencionen la detecció amb receptor d'ultrasons d'un quíropter del gènere *Pipistrellus*, i determinen quasi amb seguretat que es tractava de *Pipistrellus pipistrellus*. No obstant això, no aporten dades conclouents com ara la freqüència d'emissió d'aquest exemplar. Els mateixos autors detecten també mitjançant receptors d'ultrasons una ratapinyada del gènere *Myotis*, i insinuen que es podria tractar de *Myotis capaccinii* sense aportar dades rellevants que puguin corroborar la cita. Altres espècies recopilades dins l'inventari de ratapinyades per l'arxipèlag de Cabrera són *Rhinolophus hipposideros* i *Rhinolophus ferrumequinum* (Balcells i Serra, 1987; Amengual, 1991). Aquestes cites no indiquen la font original, es tracta de dades no contrastades que resulten possiblement d'un error tipogràfic, tal i com assenyalava Pons *et al.* (1993). Davant la manca d'evidències que permetin validar la presència de ratapinyades dels gèneres *Rhinolophus* i *Myotis* consideram que han de ser excloses del catàleg de ratapinyades de Cabrera.

Miniopterus schreibersii, l'única espècie present a Cabrera de caràcter estrictament cavernícola, no cria ni hiverna a l'única cavitat en què ha estat citada en gran nombre. Es dedueix que aquest quíropter utilitza la Cova des Burri com un refugi de pas durant dos períodes de l'any: març-abril i novembre-desembre. Ara bé, alguns exemplars deuen residir a Cabrera durant els mesos estivals emprant probablement les encletxes dels penya-segats marins. Es tracta d'una ratapinyada migradora capaç de realitzar grans desplaçaments entre refugis (Schober i Grimmberger, 1996), que realitza moviments entre Mallorca i Menorca (Amengual *et al.*, 2007), de manera que resulta molt probable que les colònies de cria es trobin a algun refugi de Mallorca.

La distància que separa l'arxipèlag de Cabrera de Mallorca, juntament amb l'escassetat de recursos hídrics als mesos estivals i una disminució notable de les preses durant els períodes secs, és molt possible que siguin un conjunt de factors limitants per la colonització d'altres espècies de ratapinyades que són presents a Mallorca. Malgrat això, es deuen produir arribades d'exemplars de forma erràtica en moments idonis que facilitin l'assentament a Cabrera durant curts períodes de temps. També és molt probable que algunes espècies com ara *Tadarida teniotis* i *Hypsugo savii*

realitzin desplaçaments a Mallorca en moments crítics. De la mateixa manera, no és d'estranyar que es produeixin moviments entre els illots que conformen l'arxipèlag de Cabrera.

L'aportació de dues noves espècies de quiròpters al catàleg de vertebrats posa de manifest la necessitat imperiosa de millorar els coneixements sobre la fauna quiropterològica de Cabrera. Per aquesta raó resulta necessari emprendre nous estudis que permetin aclarir algunes qüestions com són la dinàmica dels moviments de la població de *Miniopterus schreibersii* a la cova des Burri i conèixer millor els estatus d'algunes espècies com ara *Eptesicus serotinus*.

AGRAÏMENTS

Aquests resultats s'emmarquen dins un projecte del Parc Nacional com a part d'un estudi sobre les ratapinyades presents a aquest espai protegit. El nostre especial agraïment al Servei de Vigilància del Parc Nacional Marítimo-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera (Xavier Torres, Joan Salom, Gabriel Coll, Xavier Jurado, Francisco López, Antoni García, Juan Guijarro, Pere Llobera i Ignacio Larrauri), pel recolzament logístic que ens ha facilitat, i per la seva hospitalitat. Feim aquesta gratitud extensible a l'equip de gestió del Parc, especialment al tècnic José Amengual. A Laura Ribas y Patricia Arbona per la seva participació en les tasques de prospecció de cavitats durant la feina de camp. I a Gemma Carrasco per la revisió, aportació d'idees al manuscrit i traducció al català. Les captures de les espècies, totes elles protegides, s'han realitzat amb el pertinents permisos del Servei de Protecció d'Espècies i del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera.

REFERÈNCIES.

- Alcover, J. A. i Muntaner, J. 1986. Els quiròpters de les Balears i Pitiüesses: una revisió. *Endins*, 12: 51-63.
- Amengual, B., López-Roig, M. i Serra-Cobo, J. 2007. First record of seasonal over migration of *Miniopterus schreibersii* and *Myotis capaccinii* between Balearic Island (Spain). *Acta Chiropterologica*, 3: 319-322.
- Amengual, J. 1991. Llista vermella dels vertebrats de les Balears vol. I: no aus. Documents Tècnics de Conservació. Direcció General d'Estructures Agràries i Medi Natural. SECONA. Palma de Mallorca.
- Balcells, E. i Serra-Cobo, J. 1987. Els quiròpters: rat-penats. In: GOSÀLBEZ, J. Ed. *Amfibis, rèptils i mamífers. Història Natural dels Països Catalans*. 13: 248-311.
- Balcells, E. 1968. Interesantes datos faunísticos y biológicos de la Cova de sa Guitarreta. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 14: 3-4. Ciutat de Mallorca.
- Flaquer, C., Torre, I. i Arrizabalaga, A. 2007. Comparison of Sampling Methods for Inventory of Bat Communities. *Journal of Mammalogy*, 88: 526-533.
- Ibáñez, C. i Fernández, R. 1989. *Catálogo de murciélagos de las colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales*. MNCN-CSIC. Madrid.
- Mejías, R. i Amengual, J. F. 2000. Libro Rojo de los Vertebrados de Baleares. 2ª edición. Documents Tècnics de Conservació. II època. nº 8. Conselleria de Medi Ambient.
- Noblet, J. F. 1995. Els quiròpters del Parc Natural de S'Albufera de Mallorca. *S'Albufera de Mallorca. Monografies de la Soc. Hist. Nat. Baleares*, nº 4. Pp. 169-173. Ed. Moll. Palma de Mallorca.
- Pons, G., Benzal, J., Hinchcliffe G. i Strachan, R. 1993. Murciélagos (Mammalia, Chiroptera) del archipiélago de Cabrera. Evaluación de las poblaciones y propuestas de conservación. *Endins*. nº 19: 37-41.
- Quetglas, J. 1997. New records of bats (Chiroptera) for Minorca, Balearic Islands, Western Mediterranean Sea. *Mammalia*, t. 61núm. 4: 611-614.
- Rey, J. M. 1974. Los mamíferos terrestres del Archipiélago de Cabrera. Informe inédito. Manuscrito depositado en el ayuntamiento de Palma.
- Richard A. i Nick J. Riddford 2009. A new species of bat (*Pipistrellus pygmaeus*) confirmed for Mallorca. *Le Rhinolophe*, 18 : 31-36.
- Schober, W. i Grimmberger, E. 1996. *Los murciélagos de España y de Europa*. Ediciones Omega. Barcelona. 237 pp.
- Serra-Cobo J., López-Roig, M., i Seguí, M. 2011. Les Ratapinyades de les Illes Balears: Distribució, avaluació i estat sanitari de les poblacions. *Endins*, 35. *Mon. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 17: 269-282
- Serra-Cobo, Amengual, B., López-Roig, M., Márquez, J., Torres, M., Ripoll, A., Sánchez, A. i Oliver, J.A. 2007. Catorze anys d'estudis quiropterològics a les Illes Balears (1993-2006). *Boll. Soc. His. Nat. Baleares*, 49:89-107.Palma de Mallorca.
- Trujillo, D. 1991. *Murciélagos de las Islas Canarias*. ICONA, Colección Técnica, Madrid, 167 pp.
- Trujillo, D. i D. García, 2009. Primera cita del murciélago de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (Keyserling i Blasius, 1839) en las islas Baleares. *Galemys*, 21 (2):39-46.
- Trujillo, D., García, D. i Juste, J. 2008. First record of Daubenton's bat *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817), for the Balearic Islands (Spain). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 51: 169-176. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

CABRERA: L'ILLA SUPERVIVENT

Miguel José DEYÁ

Facultat de Filosofia i Lletres. Universitat de les Illes Balears. Palma

miguel.deya@uib.es

Deyá M.J. (2020) Cabrera: l'illa supervivent. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

L'illa de Cabrera ha conegut la presència humana des d'èpoques molt primerenques. És obvi que cada etapa històrica ha influït en el medi segons les necessitats i condicionaments de cada moment, l'activitat econòmica allà desenvolupada... conformant, tot plegat, el paisatge que avui coneixem.

Paraules clau: *població, defensa, comerç*

ABSTRACT

The illa de Cabrera has known the human presence from very early times. It is obvious that each historical period has influenced the environment according to the needs and conditions of each moment, the economic activity developed there... making, at this time, the landscape that we know at this time

Keywords: *migration, defence, foreign trade.*

INTRODUCCIÓ

Des de fa ja anys parlar de Cabrera és parlar sobretot de valors naturals i paisatgístics. Des d'una perspectiva de *longue durée* no ha estat aquesta la visió més comú. Els habitants de les Balears han tingut una visió d'aquella illa des de punts de vista diferents. Durant l'Edat Mitjana i la Moderna l'element militar fou el primordial. El control de Cabrera per part de l'enemic podia ser una primera passa cap a la invasió del Sud de Mallorca, un punt de vista estratègic que no sols estigué vigent durant els moments de major possibilitat d'atac musulmà a l'arxipèlag tal i com ens demostren les fonts. De fet, almenys formalment, la venda de Cabrera a l'Estat durant els anys de la Primera Guerra Mundial es justificava per la importància estratègica de l'illa. Tanmateix i, com no podia ser d'altra manera, durant l'Antic Règim, la situació econòmica de Mallorca obligava a integrar a Cabrera com una font de recursos. Podem trobar a la documentació contractes entre els senyors de l'illa i propietaris de bestiar per tal de que el ramat pogués passar a pasturar a Cabrera. Aquesta vessant de l'illa com a productora de recursos agrícola i ramaders es va veure intensificada en el segle XIX amb la normativa estatal de colònies agrícoles que permeté establir-ne una allà, tema que ha estat estudiant recentment per Bartomeu Pastor. Més difícil, atesa la seva poca empremta documental, és estudiar el paper de les aigües de Cabrera com a subministradors de peix a Mallorca, tot i que resulta evident que Cabrera tingué un paper no menyspreable en aquest sentit.

És obvi que totes les activitats que s'acaben de citar tingueren un impacte paisatgístic i natural a l'illa no menyspreable, com també altres menys vinculades a la defensa o a alguna activitat econòmica com ara la presència d'una comunitat de monjos al final de l'Edat Antiga o la presència dels presoners francesos. Tampoc podem oblidar episodis mítics com el naixement a Cabrera d'Anníbal, que per això es considerava el primer rei de Mallorca i fins i tot a una petita galeria de l'ajuntament de Palma apareix com a tal abans de Jaume I. Així ens trobem avui a Anníbal com a

fill il·lustre de Palma. Aquesta idea neix a partir d'algunes còpies de la *Història Natural de Plini* i òbviament fou recollida i exaltada pels primers historiadors del Regne de Mallorca (Dameto, Mut i Alemany, 1840, tom I, p. 158), com també per historiadors espanyols com ara el Pare Mariana.

Tot plegat ens trobam davant una illa que ha sofert una presència humana, tot i que de proporcions molt desiguals segons el moment històric i, ateses les peculiaritats naturals de l'illa, davant una molt peculiar relació entre medi i esser humà i, per tant, davant una molt peculiar forma d'antropogènesi en un medi natural singular.

LES DIVERSES ETAPES HISTÒRIQUES

L'OCUPACIÓ DURANT L'ÈPOCA ANTIGA I ISLÀMICA

Deixant de banda l'episodi mític de la presència cartaginesa i el naixement d'Anníbal, les darreres investigacions han situat com el fet històric més rellevant de Cabrera en aquest llarg període l'existència d'una comunitat religiosa durant l'Antiguitat tardana. Les referències d'èpoques anteriors són fragmentàries, sobretot derelictes (restes de vaixells o altres artefactes trobats baix l'aigua) que no ens permeten conèixer si hi hagué una ocupació contínua de l'illa en moments preromans; són troballes casuals generalment en el marc d'excavacions destinades a trobar restes bizantines (Riera i Ramis, 2008, p. 18). En tot cas aquestes restes són la prova d'un comerç rellevant per la zona, aprofitant l'estratègic lloc de l'illa a les rutes de la Mediterrània occidental. Els derelictes, òbviament, són de materials púnics i romans (àmfores, àncores, restes ceràmics...). L'existència d'un port natural i amb disponibilitat d'aigua dolça propiciava el tràfic naval malgrat les perilloses corrents de la zona (Riera i Ramis, 2008, p. 20). Per tant es pot concloure que abans del 123 a. C. difícilment hi hauria una ocupació mínimament continuada de l'illa que tindria una funció sobretot d'escala de rutes marítimes púniques, romanes i en menor mesura gregues. No pareix que abans de la conquesta romana de Mallorca es pugui parlar d'un important impacte humà dins el paisatge o l'habitat natural de l'illa.

Cal demanar-se si la situació canvià a partir de l'ocupació romana de Mallorca. Les dades arqueològiques amb les que comptem indiquen que hi hagué un molt baix nivell d'ocupació humana de l'illa que seguí tenint un paper bàsicament portuari. De fet, les restes romanes trobades pareixen indicar un assentament permanent sols a la rada del port i a la zona coneguda com Sa Font (Riera i Ramis, 2008, p. 21) i, per tant, a prop de l'aigua dolça. No oblidem que un dels avantatges de l'illa en aquells moments era l'existència d'aigua durant tot l'any, la qual cosa juntament amb la qualitat del port natural feia de l'illa un lloc molt freqüentat per a fer escala i/o aiguada d'embarcacions. La troballa de dos fragments d'inscripcions llatines demostraria una petita ocupació de l'illa que, en tot cas, no deixà cap empremta en forma d'edificis més o menys d'envergadura i estables ni pareix que alteressin essencialment l'habitat més enllà de la presència de ramat caprí que si ho degué fer.

De l'antiguitat tardana i, en tot cas, anterior a la dominació islàmica de les Balears el fet més conegut és el d'una comunitat de monjos cristians que ocuparen el pla de Ses Figueres i en menor mesura altres indrets de l'illa (Riera, 2008, p. 24). Les primeres notícies documentals que hipotèticament podien fer esment a Cabrera no s'avenen amb les evidències arqueològiques. Ens referim a la carta 48 de Sant Agustí datada en els darrers anys del segle IV. La carta estaria provocada per la visita d'uns monjos de Cabrera al propi Bisbe d'Hipona, el qual escriuria al màxim responsable d'aquella comunitat. El problema rau en que el topònim Cabrera és molt freqüent a les illes de la Mediterrània, derivat del costum de l'Edat Antigua de amollar cabres i, en menor mesura, ovelles a les illes que servien d'escala als vaixells per tal de que hi hagués sempre carn fresca per a les embarcacions qui hi arribaven. Els materials arqueològics de la comunitat de monjos existent a Cabrera no són de les darreries del segle IV, sinó del V al VII i singularment del VI i VII (Riera, 2008, p. 24). Josep Amengual conclou que la carta de Sant Agustí no fa referència a la Cabrera balear, sinó a l'illa amb el mateix nom prop de Sardenya (Amengual, 2008, p. 30).

Un cas ben distint és el de la referència que a la comunitat de monjos de Cabrera fa Gregori Magne. Efectivament, a la carta d'aquest autor al *defensor Iohanes* del 603 se li encomana a aquest que posi orde a la comunitat de monjos de *Capria insula, quae iuxta Maioricam idem insulam, est positum* (Amengual, 2008, p. 30). Les troballes arqueològiques confirmen totalment l'existència del cenobi en aquelles dates en que Cabrera i Mallorca depenien de les autoritats bizantines. És ben coneguda la falta de fons documentals referides a les Balears tant en el període Bizantí com a l'anterior dominació vàndala, per la qual cosa l'arqueologia és l'única font fiable, amb les limitacions que això suposa. Les intervencions arqueològiques a Cabrera en els darrers anys s'han centrat molt en el cenobi al que ens referim. Tanmateix, com ja hem assenyalat, un dels primordials objectius del present treball és analitzar les relacions entre humans i natura a l'illa de Cabrera. En aquest sentit ens trobem amb un problema afegit. I és que el presoners francesos de la Guerra de la Independència instal·laren el seu principal campament en el lloc ocupat pel monestir, de manera que es fa difícil analitzar l'impacte que sobre el territori i el medi en general de Cabrera pogué tenir una comunitat de monjos en el segle V-VII. De tota manera si que podem fer algunes reflexions. En primer lloc pareix que juntament amb el monestir, entès com edifici central, hi hauria diverses altres instal·lacions amb capella on viurien entre deu i dotze persones (Riera, 2008, p. 26). Tot i que no en tenim informacions objectives resulta evident que algun impacte sobre el territori degué tenir l'existència dels monjos que, per exemple, degueren dedicar alguna part de l'illa a conreu de verdures i productes frescs (Amengual, 2008, p. 30) el subministrament dels quals no estava sempre garantit des de fora. Altra cosa són els productes que es podien conservar, els quals podrien arribar per via marítima, doncs Cabrera seguia sent un lloc freqüentat per vaixells i ben enmig de diverses rutes marítimes. De fet, una de les hipòtesis sobre la motivació de la carta de Sant Gregori és que es referís a la realització d'actes de pirateria pels propis monjos, activitat que els hi permetria viure de forma relativament còmoda pel que fa a les necessitats materials. Concretament pareix que Cabrera, baix domini bizantí com la resta de les Balears, jugava un paper clau en les comunicacions entre el sud de la Península Ibèrica, també baix domini bizantí, i Constantinoble i viceversa és clar. En altre orde de coses i tal com ha estat comú fins fa relativament poc, el monjos de Cabrera desenvolupaven activitats industrials, de les quals en destaquen dues, la fabricació de salaons i l'elaboració de porpra, producte de gran importància a l'Antiguitat pel seu ús per a l'elaboració de tintures per donar a les robes aquell color de caire cerimonial i reservat a les altes autoritats.

Sigui com sigui, no tenim testimonis arqueològics del monestir posteriors al segle VII, per la qual cosa cal deduir que a les darreries d'aquella centúria arribà la fi de la seva activitat. Pràcticament res en sabem de Cabrera pel que resta de domini, tot i que en ocasions més teòric que altre cosa, de Bizanci sobre les Balears, domini que acabà en el 902-3. Poca cosa sabem també de l'evolució de l'illa durant el domini islàmic. L'única referència es troba a un font pisana, el *Liber Maiolichinus* que narra l'intent de conquesta de Mallorca per part d'aquella ciutat italiana amb l'ajuda catalana el 1114. Tanmateix la referència no ens aporta cap informació sobre la vida a aquella illa.

ÈPOCA MEDIEVAL I MODERNA

Tot i que no tenim notícies de la forma concreta amb que Jaume I prengué possessió de Cabrera ni ens consta que aquesta tingués cap paper ni en la conquesta de Mallorca ni en el anys immediatament posteriors, no hi pot haver cap dubte sobre la inserció de l'illa en un nou model administratiu i polític, d'un major grau d'ocupació des del segle XIII i, alhora, d'una major preocupació pel seu aprofitament amb un rendiment econòmic. Efectivament, igual que la resta de les Balears, Cabrera s'inscriurà dins un nou model no sols polític, sinó també econòmic, fruit de la lògica feudal. Una lògica feudal que es reflectí ben prest en una actuació pròpia d'aquell sistema: la cessió del domini útil de Cabrera del Paborde de Tarragona a Bernat Claramunt i Guillem Huguet. Prèviament el Rei havia cedit al Paborde, Ferrer de Sant Martí, l'illa i altres béns a Mallorca. Ferrer de Sant Martí havia participat a la Conquesta i dut a terme la primera organització parroquial de l'illa (Campaner, 1984, p. 8). Del document de cessió del domini útil de Cabrera per part de l'Església de Tarragona als citats Claramunt i Huguet ens interessan aquí especialment els següents aspectes:

- » L'Església es retenia les pesqueries i l'explotació forestal, una prova de la importància d'aquest recursos
- » Textualment es diu que l'Església es retenia els ports, es a dir, la facultat de cobrar taxes tant per l'ús del port com per l'entrada o sortida de mercaderies, de nou és un símptoma de la importància del comerç per a l'illa
- » Tota la resta de recursos de l'illa es cedien a les dues persones citades a canvi d'un cens anual de set morabatins (monedes d'or) i deu cabrits en qualitat de delme
- » S'establia una fadiga de trenta dies, és a dir, un dret de retracte a favor de l'Església d'aquest període si es produïa la venda o cessió no hereditària del dret útil de l'illa (Aparicio, 2012, p. 15).

De que la intenció dels nous posseïdors de l'illa era treure'n un profit econòmic no hi pot haver dubte. De fet, aquesta mena de contractes d'emfiteusi s'empraven precisament per això. En tot cas no és pot dir que es donàs un immediat canvi de paisatge. Tingui's en compte l'escassa població que hi podia haver a Cabrera en un moment en que s'estava duent a terme la repoblació de Mallorca, un procés que avui sabem que va ser llarg i que anà més enllà del segle XIII i que considerem que es pot allargar fins els moments anteriors a la Pesta Negra (1348). Sí tenim notícies d'arrendaments de l'illa i els illots dels voltants com el que l'any 1301 es va fer per cinc anys a favor dels carnisers Johan Pasqual i Guillem Colomar per espai amb la finalitat de pasturar-hi bestiar i caçar (Rosselló, 1995, p. 3). Ben aviat es va fer evident que hi havia un perill afegit: l'arribada de ràtzies musulmanes que podien no sols capturar béns materials, sinó també segrestar persones. De qualsevol manera, el perill d'aquests atacs en el segle XIII i XIV i fins i tot en el XV degué ser inferior al del XVI i en tot cas no pareix que hi hagués el perill, o almenys la sensació de perill imminent, de que fent escala a Cabrera els enemics poguessin arribar a atacar o saquejar la costa Sud de Mallorca. I és que cal no oblidar que els atacs barbarescs foren realment perillosos a partir de que aquests entrassin en contacte amb els turcs, els quals els hi proporcionaren no sols coneixements tècnics i organitzatius sinó un sentit de la disciplina, disciplina militar, que els feia capaços de planejar i executar atacs de major volada i de conseqüències econòmiques, demogràfiques i polítiques més profundes (Santamaría, 2004, p. 181). En ocasions, abans del segle XVI, els defensors de l'illa s'encarregaven també de la seva explotació. Així ho demostra un contracte firmat el 8 de Febrer de 1481 entre Bernat Berard, que tenia el domini útil de l'illa, i quatre homes de Lluçmajor. El primer es comprometia a proveir-los de farina, oli, vinagre i altres queviures. Els quatre de Lluçmajor es comprometien a *guardar bé e diligent dit castell de Cabrera a ús e costum d'Espanya* i a canvi hi podrien dur tantes ovelles i cabres com volguessin amb la condició de que en Berard n'hi posaria la mateixa quantitat. Els beneficis es repartirien meitat per meitat entre les dues parts i el contracte duraria cinc anys (Rosselló, 1995, pp. 8-9). Un contracte semblant es va fer el 1488 (Rosselló, 1995, p. 10). A principi del segle XVI, possiblement degut al dèficit cerealícola existent a Mallorca, el contractes fan referència a la sembra de cereal i a sementers i l'explotació del bosc per a fusta (Rosselló, 1995, p. 14).

Tot i el que s'acaba de dir, era evident ja des del principi de la dominació cristiana que s'havien de prendre mesures defensives a Cabrera. Per això s'hi podrien haver posat talaiers de forma esporàdica durant el segle XIV o principis del XV (Aparicio, 2012, p. 18). El que està clar és que la primer estructura de defensa de l'illa, per ventura no més enllà d'una torre, ja estava edificada el 1402 (Aparicio, 2012, p. 19). De que l'illa s'emprava amb finalitat econòmica, com ara la pastura de bestiar que allà s'hi duia expressament o la recollida d'orxella, apreciada com a producte tintori, no hi pot haver cap dubte. Així el gener de 1429 Bernat Pellicer i Jaume Pujol, d'Andratx, es comprometien a vendre a Gabriel Valleriola, de Ciutat, tota l'orxella que des d'aquell dia fins a la festa de Pasqua recollissin a l'illa de Cabrera per un preu de 106 sous el quintar (Rosselló, 1980, p. 4).

A principis de segle XVI la funció defensiva de l'illa guanyà importància. En un moment d'enfrontament entre la Monarquia Hispànica i els barbarescs del Nord d'Àfrica recolzats pels turcs, Cabrera es convertia en una plataforma ideal per part de l'enemic per a dur a terme actuacions de saqueig i per ventura de major volada contra Mallorca, però també contra la costa mediterrània de la Península Ibèrica, a més del tradicional paper de lloc propici per a proveir-se d'aigua. La construcció del castell i la implicació de la administració regnícola en el seu manteniment són un exemple de la importància de l'illa i del nou paper que assumiria. Cal destacar, en un treball de les característiques del present, que la construcció del castell i les seves successives destruccions per part de l'enemic i reconstruccions sí degueren tenir un impacte, visual i més enllà, sobre l'illa. Cal pensar per exemple en la necessitat de dur materials des de Mallorca, en l'existència d'una població més o menys estable per a la construcció de la fortalesa o en el consum de fusta per a la fabricació de guix *in situ*.

Cal no oblidar, per altra banda, que la política nord-africana del Reis Catòlics, singularment ja en els anys del govern en solitari de Ferran, que seguí en aquest punt les indicacions del Cardenal Cisneros, convertiren en certa mesura al mar Balear en primera línia de foc de l'enfrontament contra l'enemic ideològic, militar, religiós, econòmic i polític de l'altra ribera de la Mediterrània. És ben conegut com el Cardenal Cisneros, que participà per exemple personalment i finançà la pressa d'Orà (1509), defensà la necessitat de que la Monarquia Hispànica tingués una important presència al Nord d'Àfrica, doncs des d'allà havien viscut tres invasions a la península ibèrica, la de 711, la dels almoràvits i la dels almohades. Tanmateix, les primeres intervencions de la Monarquia en el solar africà no afectaren a les Balears: Melilla (1497), Mazalquivir (1505), Cazaza (1506), Orà (1509)... El canvi, als efectes que ens ocupen aquí, va ser la conquesta de Bugia el 1510 i que, davant l'èxit de Bugia, Alger es declarà vassall dels Reis Catòlics. Si es mira el mapa es veurà que aquestes darreres incorporacions al cordó sanitari hispànic al Nord d'Àfrica es troben ben enfront de Mallorca anant cap al Sud. Tot i que el juliol de 1510 es conqueriria Trípoli, el posterior desastre espanyol a Djerba (Agost de 1510) suposava que, de fet, Bugia es convertia en el punt més allunyat de l'arc nord-africà controlat pels espanyols si deixam a part la llunyana Trípoli. Tot plegat, el quadrat format per València, Alger, Bugia, Mallorca es convertia en la zona preferent dels enfrontaments entre espanyols i barbaresc recolzats pels turcs. L'intent de conquerir Bugia el 1515 per part d'Horuc Barba-rossa és un clar exemple del que acabam de dir. Es tracta d'una situació que s'agreguà quan el propi Barba-rossa es va fer amb la regència d'Alger (1521) posant-se al servei d'Estambul i adquirint el rang de Gran Almirall dels Turcs. És més o menys en aquests anys quan el quadrat geogràfic citat es converteix en un espai preferent d'enfrontaments marítics, però també d'atacs d'un i altre bàndol a les costes de l'adversari. Des d'aquesta lògica Cabrera intensificaria el seu paper defensiu.

Tanmateix la funció defensiva ja existia d'abans i fins i tot es pot afirmar que és intrínseca a la situació geoestratègica de Cabrera. Però fins aproximadament els anys que hem citat el paper fou més de vigilància que d'altra mena. Coneixem el sistema de vigilància existent a Cabrera el 1497, quan el castell va ser derruït per un atac musulmà. Hi havia tres talaïers que en albirar l'enemic havien de donar l'avís a Mallorca. El tres talaïers eren pagats pel senyor del domini útil de l'illa amb una ajuda de 150 lliures anuals per part del Regne de Mallorca. De tota manera les relacions entre els posseïdors de Cabrera i les autoritats regnícules no sempre foren bones. Els dirigents mallorquins en general estaven d'acord en ajudar a pagar els salaris dels talaïers, car la defensa de Mallorca i singularment de la seva costa Sud depenia en bona part de vigilar un possible atac que es podia preveure amb antelació sobretot des de Cabrera. El tema més conflictiu era el de les despeses de la construcció, manteniment i reconstrucció del castell. Els Jurats de Mallorca foren bastant reticents a aportar diners per a la construcció, reforma o millora d'un edifici que, a fi de comptes, era d'un particular. En ocasions foren les pròpies autoritats reials les que obligaren a que el Regne destinés diners a aquella finalitat. En el mateix any, 1497, el posseïdor de Cabrera, Jaume Berard, no sols demanava diners per pagar parcialment els salaris dels talaïers, sinó que també demanava que els Jurats ajudessin econòmicament *per adobar e reparar lo Castell de Cabrera, lo qual per moltes vegades és estat invadit e robat e desbaratat*².

2 Arxiu del Regne de Mallorca (A.R.M.), Actes General Consell (A. G.C.), 16, f. 21.

En el debat que es dugué a terme en el Gran i General Consell sobre si invertir diners del Regne en el castell o no s'ens diu que quan el que en aquell moment era el senyor de Cabrera, Joan Berard, adquirí l'illa el Castell es trobava en millor estat de defensa que en aquell moment, havent-hi:

Gran monició d'armes, bombardes e altres coses que hi havia per lo dit castell e encara ab diversos molins, així de bèstia com de mans, e tot altre forniment que fos menester en un castell e per una altra qualsevol casa. E encara atrobam que hi havia llavor (s) casa per orxellers.³

Cal fer esment a un parell de detalls. En primer lloc la referència a molins de bèstia, sense dubte situats dins el castell, suposa que hi havia els elements necessaris per alimentar si fes falta a una quantitat no menyspreable de persones. La referència a les bombardes, sense que sapiguem el seu estat, ens indica que els elements habituals de defensa en aquell temps estaven presents al castell de Cabrera. En darrer terme la referència a les cases dels orxellers indica que en una època no molt anterior a 1497 el castell es trobava en millor estat que en aquell any i que una de les activitats principals a l'illa, la recol·lecció d'orxella, si no havia desaparegut sí s'havia de fer en condicions molt més difícil que abans, tal i com es deriva de la desaparició de la casa dels orxellers. No hi pot haver cap dubte de que un atac musulmà havia fet malbé bona part de la fortalesa.

De tota manera els atacs continuarien i, fins i tot, anaren a més. Un exemple del que acabem de dir i, alhora, de com els recursos marítims de l'illa eren explotats per mallorquins és el que passà el 1509, quan dos vaixells musulmans s'apoderaren del castell i capturaren, entre d'altres, a uns vint pescadors –xifra no menyspreable i que ens dóna una idea de l'explotació pesquera existent ja a les primeries el segle XVI. Aparegué el mal temps i el musulmans no pogueren sortir del port de Cabrera, la qual cosa permeté preparar una esquadra des de Mallorca composta per uns dos-cents homes. L'expedició mallorquina s'apoderà de Cabrera, expulsà als enemics i encara en capturà a seixanta-tres que foren venuts a Mallorca com esclaus.

Els atacs contra Cabrera i el seu castell en ocasions formaven part d'un recorregut molt més ample de l'armada enemiga que emprava aquella illa per a proveir-se d'aigua o per a descansar d'un viatge farcit d'atacs a altres zones de domini hispànic. El que passà el 1531 ens pot servir d'exemple. Un estol de musulmans procedents d'Alger que havia capturat embarcacions cristianes a aigües de València atacà zones de Mallorca i Menorca capturant a nombroses persones, posteriorment es dirigí al Principat on no atacaren cap població i es dirigiren de nou a aigües valencianes per atacar després Eivissa i Cabrera on destruïren el castell. Poc temps després el nou posseïdor de Cabrera, Miquel Anglada, envià a l'illa tres naus amb tot el necessari per a la reconstrucció del castell i trenta homes que anaven a fer-hi feina. Les naus varen ser preses pels musulmans amb els treballadors inclosos. Tot plegat significava que a Mallorca no arribaven avisos d'un possible atac dirigit al Sud de Mallorca i que els mallorquins capturats en aquestes operacions depassaven el centenar de persones. Cal fer una reflexió: si un particular era capaç d'armar tres naus amb material per a la reconstrucció del castell i trenta homes als quals havia de pagar es obvi que es pretenia treure una profit econòmic de l'illa. Molt possiblement es tractava d'intentar convertir part de les seves terres en zona de conreu, la qual cosa sense dubte hagués suposat una modificació el paisatge i de l'habitat, independentment de que aquesta modificació hagués arribat fins a nosaltres o no. Es tractaria de precedents dels projectes de colonització de l'illa que coneixem pels segles XVIII i XIX.

En tot cas i tornat al segle XVI, després dels fets que hem esmentat de 1531 era indispensable la reconstrucció, tot i que fos sols per la seva importància per a la defensa de Mallorca. Els propis Jurats reconeixien que era una obra costosa que no podia ser assumida per un particular, però també es negaven a contribuir-hi precisament perquè es tractava d'una propietat privada, afirmant que si ho feien *en casa d'altri obrarem*. Davant la falta d'acord entre n'Anglada i els Jurats, el Lloctinent determinà que si en quaranta dies aquell no reedificava el castell, els Jurats o el Col·legi de la Mercaderia ho hauria de fer i si posteriorment n'Anglada volia recuperar la seva propietat havia de pagar a aquests la inversió feta. Els Jurats protestaren contra aquesta resolució que en tot cas tingué la conseqüència de que finalment s'arribà a una transacció entre n'Anglada i els Jurats: el primer

3 A.R.M., A.G.C., 16, 21 v.

reconstruïria el Castell i el Regne li pagaria 1.000 lliures més el que costés la munició i les talaies extraordinàries; pel que fa als tres talaiers ordinaris serien pagats pel senyor del domini útil de l'illa amb una ajuda del Regne de 150 lliures anuals tal i com s'havia fet en altres ocasions. El castell tornà ser destruït el 1537, moment en que Miquel Anglada renuncià al seu domini. Des de llavors la defensa de l'illa passà a dependre del Regne i les activitats humanes que poguessin suposar un canvi de paisatge o tenir un important efecte sobre el medi foren abandonades. Les reconstruccions i destruccions es succeïen, com ara l'atac de 1550 de Dragut que recalà a Cabrera després d'assaltar Cullera i Pollença. La defensa de Mallorca i, òbviament, de Cabrera depenia singularment del domini hispànic dels llocs de la costa africana més propers a les Balears com ara Alger i Bugia, d'aquí la importància del quadre geogràfic que hem esmentat anteriorment. L'entusiasme en què el Regne i els seus habitants acolliren l'armada que havia d'ocupar Alger el 1541 n'és un bon exemple. Tanmateix, ja sabem que la intervenció acabà en fracàs. Un exemple de que la situació defensiva de Mallorca i Cabrera no es pot entendre sense tenir ben present la situació d'una hipotètica línia que anàs d'Alger fins a Bugia és l'impacte que tingué la pèrdua d'aquella ciutat a les Balears el 1555. El pas d'aquella ciutat de domini hispànic al musulmà era molt perillós atesa la proximitat envers el nostre arxipèlag. A més es reberen notícies que un arrais (capità d'embarcació) havia expressat la seva intenció de dirigir-se a Cabrera i destruir-ne, de nou, el castell. Els Jurats del Regne ara es prengueren les notícies amb més preocupació i ordenaren al mestre d'obres de la Universitat que es dirigís cap a l'illa per revisar la fortificació. L'informe indicava greus mancances:

La més important part de dit castell esser de tàpia de tres palms de gruix i la coberta de dalt de tot esser de cairats molt prims... y molt fàcilment se poria seguir lo que lo arrais d'Alger amenaçava (Deyá, 2008, p. 46).

La reforma costaria mil escuts. Els paraments exteriors del castell s'havien de forrar per tal que els impactes d'artilleria fessin menys mal i la part superior s'havia de reforçar per tal de poder tenir-hi artilleria. És a dir que les defenses existents a l'any 1555 eren molt minses, destacant-ne l'absència d'artilleria o, almenys, d'artilleria moderna. De l'informe del mestre d'obres es pot concloure que la reconstrucció immediatament anterior a 1555 havia estat molt poc adequada i possiblement també les anteriors. De tota manera, després de l'informe de 1555 no es prengué cap mesura i l'illa de Mallorca torna a patir atacs al Sud el 1557 gràcies a la desprotecció de Cabrera. La situació es tornà a presentar el 1558 quan es tingué notícia d'una gran armada turca, la que finalment assaltà Ciutadella, que es dirigia cap Occident. L'experiència de Ciutadella fou traumàtica i es començà a pensar en un atac semblant contra Mallorca aprofitant els avantatges que donava una Cabrera escassament defensada. El Jurats recordaren al Rei la veritable dimensió del problema. Es dugueren a terme obres i mentre aquestes duraren es destinà al mar de Cabrera una part de les galeres d'Espanya comandades per Berenguer de Requesens.

De tota manera el perill d'atac contra Cabrera començà a tenir menors dimensions no tant per les mesures defensives dutes a terme, sinó sobretot degut a l'anomenada treva de Margliani (1581). Després de la batalla de Lepanto les dues grans potències de la Mediterrània necessitaven una època de recuperació tot i que la capacitat d'armar una nova flota per part d'Estambul és simplement impressionat (Malcolm, 2016, p. 252). Realment el que passava és que els interessos de Felip II s'adreçaran gradualment cap a l'Atlàntic i la frontera amb els perses provocava greus problemes als turcs, de manera que les dues potències havien de destinar els seus recursos a altres llocs. Per això i amb la mediació de l'aventurer italià Margliani s'arribà a una treva no oficial que les dues potències anaren renovant tàcitament fins el primer tractat oficial, ja en època de Carles III. Sense el recolzament turc la possibilitat de pressió dels barbarescs i singularment dels algerians es veia disminuïda. Això fou un dels fets que provocà que l'enfrontament adquirís cada vegada més la forma del corsarisme que d'atacs contra indrets concrets tal i com havia passat fins aleshores.

Pel que fa al segle XVI cal concloure que, tal i com passarà en el XX, les qüestions militars col·laboraren a que no es donàs un canvi substancial del paisatge agrari i del medi terrestre de Cabrera, on –per altra banda– la pressió demogràfica fou en general lleu.

Pel que fa al segle XVII els atacs directes foren molt menys nombrosos, tot i que es tenia especial cura durant les guerres contra francesos, anglesos i, en menor mesura, quan es tenia notícia d'un possible atac musulmà. Durant el segle XVIII i després de la Guerra de Successió Cabrera tampoc conegué canvis essencials. D'acord amb l'apropiació per la Corona de totes les competències en matèria defensiva i la fi del Regne de Mallorca, la guarnició allà existent passà a ser una guarnició de l'exèrcit reial, sempre més o menys estable en el seu nombre. Ni en el segle XVII ni en el XVIII es detecten actuacions a l'illa que poguessin canviar de forma significativa el medi terrestre.

S'ha d'esperar a les darreries del segle XVIII per tal de que tinguem notícia del primer intent d'una intervenció a l'illa que pogués significar un canvi de certa envergadura en les seves condicions físiques, de fet es tractava del primer projecte d'intensificar-ne l'explotació (Giménez i Alberola, 1994). La petició fou adreçada al Rei Carles III l'any 1770 per Tomàs Villajuana, barceloní, que tenia el domini útil de l'illa. Es tractava d'aplicar a Cabrera i les illes del voltant la Reial Cèdula sobre la repoblació de Sierra Morena que havia posat en marxa el monarca. El primer que es feia a la petició era deixar clar que es tractava d'illes desertes i *que aunque parece sería útil al Real Servicio y comercio poblarlas, el exponente no tiene haberes suficientes*⁴. Es proposava, per tant, que es facilités el poblament de l'illa i es passava a exposar els possibles beneficis que se'n podrien treure:

1. *Se quitaría a los moros el arbitrio de acogerse en sus puertos y calas, donde con el seguro de estar todo despoblado espalman⁵, hacen aguada y leña, están al abrigo de tempestades y acechan a los navegantes vasallos de V. M.*
2. El poblament de Cabrera permetria donar servei i queviures a les embarcacions que degut al mal temps o altra causa arribessin allà
3. *S'evitaria el contraban de tabac y otros géneros, pues muchos contrabandistas marítimos esconden los fraudes en las cuevas y bosques bajos donde los tienen en depósito oculto para introducirlos en Mallorca cuando les conviene, sin que pueda estorbarlo el pequeño Castillo de Cabrera que sólo guarda la ensenada del puerto principal*
4. *Se'ns informa de que a l'època era habitual, segon el peticionari, que els soldats malats de Mallorca fossin enviats a Cabrera per a recuperar-se, pues sus aires y aguas minerales son muy saludables; si realment es duia a terme es tracta d'una pràctica sorprenent i que és obvi que no devia tenir efectes terapèutics ressenyables, sinó més be al contrari; òbviament s'afirmava que si es poblava Cabrera els malalts que hi arribessin estarien molt millor atesos, afegint que en el día no se puede enviar a todos los que necesitan este alivio por ser el país desierto, de lo que resulta notable retardo a la salud de los soldados enfermos, mayor gasto a la Real Hacienda en el Hospital Real y más fatiga en el servicio de la guarnición. En aquest punt és interessant fer notar l'alternativa que presentava el peticionari i que d'haver-se dut a terme hagués canviat clarament la fisonomia de l'illa, a més de demostrar un tret de modernitat que no es pot menysprear: *Acaso sería más útil al servicio de V.M. y comercio de toda la costa de España en el Mediterráneo construir en la isla de Cabrera o en la de los Conejos un lazareto como le hay en Marsella y Puerto Mahón o del modo que actualmente se contruye en Liorna, pues muchas veces es preciso enviar los buques españoles a aquellos puertos por no haber comodidad bastante en la costa de España y... ha sido preciso tomar providencias que siempre han sido de menor seguridad, mayor engorro y más coste.**

Noti's com hi ha dos elements importants i que d'haver-se dut a terme el projecte haguessin tingut una important incidència sobre l'illa, també sobre el aspectes naturals òbviament. En primer terme les reiterades referències al comerç. Es tractava de poblar l'illa, però pensant –si més no parcialment– en la inserció de la mateixa en rutes comercials que sense cap dubte haguessin tingut un impacte paisatgístic i natural. Un comerç molt lligat a la costa mediterrània. No pareix que

4 A.R.M., Audiència, exp. VIII/192, f. 1.

5 Netejar i engrasar el casc de les embarcacions.

les autoritats reials a Mallorca veiessin amb bons ulls aquesta proposta. Per altra banda no oblidem que estam parlant d'un dels moments àlgids d'Alacant com a port, de manera que la proposta no estava molt en consonància amb els plans que la Corona ja estava executant. En segon terme es plantejava la possibilitat de convertir Cabrera en una mena no sols de llatzeret, sinó també de lloc de reparació d'embarcacions argumentant una suposada falta de centres d'aquesta mena a la costa mediterrània espanyola. En aquest cas l'autor de la petició oblidava la importància del port de Cartagena als efectes que exposava.

5. L'escrit de peticions continuava demanant quelcom realment irrealitzable si es té en compte la situació de Cabrera, la falta de construccions allà i les dimensions del que es demanava: convertir l'illa en port franc per a les mercaderies que vinguessin de Llevant, és a dir de la Mediterrània Oriental i Turquia en uns moments en que la monarquia rompia amb una tradició que venia de 1581 (Treva de Margliani) i caminava cap al reconeixement i establiment de relacions polítiques i econòmiques amb l'Imperi Otomà, procés que culminaria amb el tractat de pau i comerç entre les dues potències. Pretendre que Cabrera es convertís en un port franc pels productes que volguessin entrar a Espanya procedents de l'orient era, òbviament, una quimera.

Naturalment, si es volia l'ajuda de la Corona per desenvolupar el pla esmentat s'havia d'oferir alguna cosa. Villajuana es comprometia a:

1. Aportar gratuïtament a la Reial Hisenda *todos los materiales que producen dichas islas y territorios que se necessiten fortificar para defenderlas de insulto de corsarios, lo que se puede practicar harto fácilmente construyendo una torre en cada uno de los cuatro parajes en que es accesible la isla de Cabrera y una en el único en que lo es la isla de Conejos semejantes a las que hay alrededor de Mallorca o en el modo que se halle más conveniente la persona que, de orden de V.M., inspeccione el terreno.* Obviament es tractava d'un brindis al sol, car el que produïen i podien produir les illes de l'arxipèlag de Cabrera no bastarien per a sufragar les construccions que es proposaven. Per altra banda cal destacar l'impacte natural que es derivaria del fet de que es construïssin les quatre torres que es proposaven.
2. Es proposava dur a Cabrera cent famílies, és a dir entre quatre-centes i cinc-centes persones, preferentment de Tabarca, *si los hay sobrantes en el parage que se les ha destinado o el exponente hará venir colonos labradores de Mallorca o Cataluña o a nacionales católicos, todos gentes laboriosa, pobre y que no hagan falta al país de donde vinieren o en el modo que V. M. halle más conveniente, dándole la Real Hacienda el importe para la conducción con prudente economía.* Si el Rei ho creia convenient els nous colons estarien obligats al servei militar per a la defensa de l'illa i illots propers a les ordres del Governador del Castell o de l'autoritat que es cregués convenient *en el modo que se practica en Ibiza y Formentera, sin que la Real Hacienda les dé sueldo ni estipendio alguno y guarnicionaran las torres en el modo que se halle conveniente.*

La nova colònia s'havia de regir per la Reial Cèdula de 25 de Juny de 1767 de repoblació de Sierra Morena. A Cabrera es proposava formar dos pobles i Villajuana donaria a cada família *igual porción de tierra* seguint el que disposava la citada Reial Cèdula *en quanto fuera adaptable al territorio y por ello como dueño útil de las islas impondría a su favor un moderado censo a los colonos con los pactos subemphitéuticos de estilo.* Cal destacar l'ús de l'emfiteusi, sistema tradicional a Mallorca per a la cessió del domini útil de la terra, singularment abans de mitjans del segle XIV, però que també s'emprà en èpoques posteriors i que suposava una gran parcel·lació del terreny. Aquest sistema s'emprà també a Mallorca per part dels grans propietaris quan es veien en la necessitat de cedir terra als camperols ja fos per dificultats econòmiques, perquè la qualitat de la terra feia difícil el seu arrendament a un preu avantatjós o per altres causes. Es tracta d'una fórmula jurídica en principi favorable al camperol, car podia cedir la terra ja fos *intervivos* o *causa mortis* sempre i quan es pagués anualment

el cens establert en el contracte. Cens que no es podia modificar en quan a la seva quantitat, per la qual cosa en èpoques d'inflació era favorable —el menys teòricament— al camperol que, emperò, havia de fer front també al delme. D'haver-se aplicat aquest sistema a Cabrera la fisonomia de l'illa hagués canviat profundament. El problema era que els rendiments de la terra de Cabrera feien molt poc atractiu que ningú s'hi desplaçés en aquelles condicions. A més els colons haurien de fer front a la fiscalitat reial. Cal tenir en compte que la pressió sobre el medi que es plantejava no es derivava sols dels colons, sinó també del bestiar que necessàriament s'havia de introduir a l'illa tant per les tasques agrícola com per altres finalitats, tals i com passà a les colonitzacions de Sierra Morena que es prenien com a model. Villajuana no devia tenir moltes esperances en atreure gent, ja que proposà també reconvertir a presidiaris en colons de Cabrera, argumentant que en el presidi d'Orà habitualment hi havia presos sobrants; de fet es proposava dur-ne un cinc-cents, és a dir gairebé la totalitat de persones que havien de poblar l'illa. Posteriorment insistia en la construcció d'un hospici per als soldats que des de Mallorca fossin enviat a Cabrera per a recuperar-se, juntament a una canalització que aportés aigua des de la font principal de l'illa fins el castell, una distància de mitja llegua (uns 2'750 km.). A les afores del castell es reforçaria un dipòsit d'aigua que hi havia. També es projectava una altra canalització des de la mateixa font fins al port *para que los navios de guerra de V.M. y otras embarcaciones puedan hacer aguada cómodamente sin que nadie haya de salir de bordo al modo de Puerto Mahón*. Alhora es construiria un magatzem per a tenir aliments i estris per a servei de les embarcacions que arribessin. Villajuana cediria gratuïtament els terrenys que es necessitessin per a l'hospici i el magatzem, més la pedra per fer cals, mineral de ferro, llenya per a produir la cal i el ferro i tot el que es produïa a Cabrera i illes dels voltants. Fins i tot Villajuana arribava a proposa que les despeses del projecte es poguessin pagar dels béns expropiats als jesuïtes que foren expulsats d'Espanya (1766).

El projecte de Villajuana va romandre dos anys en tràmits i el Juny de 1772 reiterà la seva petició, atès que des de Madrid se li contestà textualment *proponga el interesado medios convenientes para esa población*. En aquesta segona petició el pla de construir quatre torres a Cabrera es reduïa a tres, cada una dotada amb dos canons, si bé es proposa un *bastión u (h) ornabeque* en un lloc oportú dotat amb quinze o vint peces d'artilleria de gran calibre. Tot i que es feia referència a un possible atac d'algerians, s'incidia molt més en un possible atac d'una potència europea contra Mallorca. La població de Cabrera i el domini del seu port evitarien la conquesta de Mallorca. S'arribava a afirmar que en el port de Cabrera hi cabien quaranta navilis —ens sembla una xifra exagerada— i que el seu port era millor que el de Cartagena. Sense dubte la referència a aquest darrer port es deu a que Villajuana havia advertit que algunes de les funcions que proposava dur a Cabrera ja es desenvolupaven o es podien desenvolupar a Cartagena. En aquest segon escrit o concreció/rectificació de l'anterior ja no es deia que Cabrera es poblés amb mallorquins, catalans o presidiaris d'Orà: *el exponente conducirá a Cabrera cien colonos de parajes extranjeros católicos, gente pobre y laboriosa, práctica en agricultura y marinería. Dará a cada una en establecimiento perpetuo bajo censo moderado (emfiteusis) 50 o 60 fanegadas para regadío, sementera, viñas, pastos, maderaje, fierro, yeso, cal y leña para cocer estos materiales a fin de edificar casa, menaje para la misma, simientes, tallos y avíos para labranza; todo con el más posible arreglo a la Real Cédula de 25 de Junio 1767 en asunto de población de Sierra Morena y a los niños les hará enseñar rudimentos de náutica*. Noti's com la idea era crear una colònia agrícola però que a la llarga les qüestions navals fossin les més importants a desenvolupar a l'illa. El concepte *fanegada* ens provoca problema d'interpretació, ja que pot ser una unitat de mesura de Castella, en principi el més probable, o d'altre lloc, també. L'equivalent a cinquanta o seixanta fanegades (unitat de superfície castellana) és entre 32'3 hectàrees i 38'76, tenint en compte que es pretenia dur cent colons això vol dir que el projecte seria simplement irrealitzable, car l'extensió total de Cabrera són 1.569 hectàrees. Es ratificava que els pobladors havien de defensar l'illa baix les ordes del Capità General de Mallorca, com si d'una milícia es tractés. Villajuana es comprometia a construir un *hornabeque o bastión que cubra suficientemente la isla y puerto principal, de manera que por la fogosidad de los montes y el arte poca gente baste a oponerse al desembarco de mucha*. El tipus de construcció seria pactada amb el Capità General. De la mateixa manera es comprometia a fer un hospici per als soldats malats de Mallorca, un magatzem *en que de cuenta de la Real Hacienda se pueda depositar maderaje, velamen y demás surtimientos que necesitan las embarcaciones del Rey, sus vasallos y potencias amigas... y hará conducir porción de agua de la fuente principal por encañados al puerto, para que las embarcaciones puedan hacer aguada sin sacar las pipas de bordo, como en el Puerto Mahón*. S'autoritzaria als pobladors a emprar *la sal que se cría en las orillas*

de esta isla para salar la pesca en el modo que està concedido a los ibicencos y se les dará sin limosna la Bula de la Santa Cruzada como a los desterrados de África. S'insistia en el tema del port franc, de fet baix l'aparença d'una colònia agrícola ja s'ha vist com els temes nàutics i mercantils eren els cridats a tenir més futur si es duia a terme el projecte, tal i com es deriva de la redacció del paràgraf que fa referència al possible port franc:

Serà servido V.M. mandar establecer puerto franco por vía de depósito, pues en el Mediterráneo Español aún no le hay, para que sin perjuicio de la Real Hacienda quede favorecido el comercio de los vasallos de S.M., que según inteligentes será muy útil y ningún parage es tan oportuno como Cabrera.

Pensem que la proposta de port franc estava inspirada en la situació de Menorca, on la dominació britànica havia suposat la franquícia comercial del port de Maó. Igual que en el document anterior no es devia ser molt optimista en el sentit d'aconseguir pobladors, car es proposava als Rei que ordenés *a los juzgados de Aragón, Cataluña, Valencia y Mallorca remitan a dicha isla los reos que hubieren de ser condenados a Africa o Cartagena, pues en ambos parajes los hay sobrantes, para aplicarlos al trabajo en obras públicas y ayudar a los colonos a trabajar casa e Iglesia.* Es fixava en 500 la quantitat màxima de condemnats que podien ser tramesos a Cabrera. Es pot veure com la idea de dur-hi els famosos presos napoleònics no va ser el primer projecte d'emprar, si més no parcialment, Cabrera com a lloc de desterro de penats.

De l'escrit es deriva que el projecte hagués suposat un canvi de fisonomia de l'illa:

Se dará gratis por la Real Hacienda toda la pólvora que se haya de menester para romper piedra, abrir caminos y hacer más difíciles aquellos parajes en que los enemigos puedan desembarcar. El exponente dará gratis a la Real Hacienda todos los territorios que se hayan menester para fortificaciones y demás edificios, piedra para construcción y para hacer cal, hierro crudo de muy buena calidad y leña para cocer dichos materiales.

La hisenda reial, concretament l'arsenal de Barcelona havia de proporcionar a Villajuana *picos, palas martillos y demás útiles de hierro y madera conducentes a la construcción de los expresados edificios*, estris que serien tornats en perfecte estat sis anys després, car aquest era el període que es considerava durarien les obres. Durant aquest sis anys, a més, Villajuana rebria 12.000 pesos anuals que s'emprarien *en conducción y avío de los colonos, sus casas y labranzas, construcción de barcos y útiles para la pesca y fortificaciones, iglesia, almacenes, hospicios, cuartel para desterrados y pagar salarios de oficiales precisos.* Com a garantia hipotecària de que els diners rebuts s'emprarien per a la finalitat proposada es presentava la pròpia illa, els illots adjacents i tots els béns de Villajuana, el qual es veu que ja feia gestions a la capital, car aquesta segona petició està datada a Madrid, front a la primera que es redactà a Palma.

El 1773 i a petició del *Consejo de Castilla*, l'Audiència de Mallorca informà negativament del projecte basant-se en qüestions econòmiques i fiscals però també posant en dubte, tot i que no de forma contundent, el projecte de Villajuana. S'argumentava que la pressió algeriana havia baixat molt des de la destinació al mar Balear de noves embarcacions, que el contraban difícilment s'eliminarà, doncs seguiria –segons l'Audiència– el contraban que venia de Maó, port franc no ho oblidem, que difícilment es podrien mantenir cent veïns a l'illa amb el que ella proporcionava i que fins i tot hi hauria dificultats per aconseguir fusta, atesa l'explotació que s'hi havia dut a terme per anteriors posseïdors:

...aunque el continente de aquella isla aparezca en su exterioridad poblado de monte alto y bajo, no se puede asegurar que aquél dé de si todos los materiales que se ofrecen a los nuevos pobladores, señaladamente el de hierro crudo, maderam y leñas para la construcción y manutención de los edificios, pues aunque en otros tiempos se tiene noticia de haver sido aquella isla poblada de monte alto granado y con el bajo correspondiente, el ofrecimiento que se presenta a los nuevos pobladores en el día se halla destrozado por las recurrentes cortas de madera y leña con que se han utilizado los dueños de aquella isla⁶.

6 A.R.M., Audiència, exp. XV/1495.

És a dir, segons l'Audiència hi havia en aquell moment (1773) a Cabrera un cert grau de desforestació. En definitiva, el projecte -poc conegut per no dir gens- fou rebutjat, però ja indica la voluntat de treure un profit econòmic de l'illa a l'empara de les iniciatives de la Corona per a altres llocs, en aquest cas per a Sierra Morena; un clar precedent del que passarà ja entrada la centúria següent.

L'ÈPOCA CONTEMPORÀNIA

La presència dels francesos derrotats a Bailén, la colònia -aquesta vegada sí realitzada- de Vil·la Cristina i la presència de l'exèrcit són el tret que més marquen la història de l'illa durant els segles XIX i XX. Si algun dels trets ha tingut un impacte perdurable sobre l'illa és aquest darrer i no tant pel que es va fer sinó pel que la presència militar va evitar: la possible urbanització de l'illa amb totes les modificacions paisatgístiques, naturals i de recursos que això hagués suposat. És un exemple clar de resultats positius no planificats que en moltes ocasions ens trobam en els processos històrics i als quals els historiadors no estan acostumats a fer-hi massa cas.

El que s'ha escrit de la presència francesa a Cabrera és molt. El tema te quelcom de morbós i fou explotat per la literatura romàntica del XIX. Aparegueren moltes memòries de reals i suposats presos. Des d'un punt de vista estrictament històric el qui millor ha estudiat la presència francesa és Miquel Bennàsar. Tanmateix tot el que s'ha escrit, novel·lat o real, ha prestat escassa atenció a la interacció entre presos i natura més enllà de fer referència a la falta d'aigua per a tanta gent, a la aridesa del terreny, a l'existència -sobretot en els primers moments de l'estada- de coves on refugiar-se.

Els presoners s'establiren a la zona del fons del port, zona coneguda com a Pla de ses Figueres (Martorell, 2009, p. 86), en conseqüència apareixen allà restes de petites i modestes construccions dutes a terme pels presoners, mesclades amb materials de l'antiguitat i Alta Edat Mitjana, doncs és aquí on estigueren part de les instal·lacions dels monjos als que ens hem referit més a dalt; de fet la presència francesa i la seva actuació és un dels elements que ajuda a que el nostre coneixement del monestir sigui minso, atès que la presència d'un grup tan nombrós de gent deixà els seus efectes sobre les restes que encara hi quedaven. Més o menys en aquesta mateixa zona es construï el campament de barraques, campament que fou cremat pels propis presoners quan partiren, la qual cosa segellà bona part dels estris i objectes que empraren o construïren els propis francesos. Les anomenades barraques, construïdes preferentment al voltant d'una espècie de plaça on vivien els líders dels presoners, eren construccions de fang, amb poques obertures, mal ventilades i de dos aiguavessos, devora les quals hi podia haver marjades per tal de marcar zones de petits conreus, bàsicament d'hort on intentar cultivar una mica d'aliments frescos (Martorell, 2009, p. 88). Bona part dels restes que s'han estudiat, tot i que parcialment, són dels darrers moments de la presència dels presoners (1813-1814), car anaren adquirint una millor organització a mesura que passava el temps. Sabem que al principi aprofitarien les coves com a residència.

Tot i que s'han de llegir més com a obres literàries que històriques les memòries dels presos no es poden obviar. Una de les més conegudes, per ventura gràcies a la recent edició, és la de Gabriel Froger titulada *Cuando el padre nos olvida. Los prisioneros de Cabrera en la Guerra de Independencia (1808-1804)* (Objeto Perdido, Palma 2010, traducció de Laura García Gámiz i pròleg de Miquel J. Deyà). Les referències que l'obra fa al paisatge, com passa habitualment en aquest tipus de memòries, són menors de les que ens podríem pensar, ressaltant l'aridesa i la falta de recursos comestibles, tan vegetals com animals. És el cas de la primera impressió que Froger ens presenta de l'illa:

Nos acostamos en la playa, dejando las exploraciones para el día siguiente. Desde el amanecer, cada uno hizo una expedición, e imagínese cuál fue nuestro desengaño y nuestra desesperación, al descubrir ¡que estábamos en un islote desierto y árido!

Un solo vestigio indicaba la presencia del hombre; era una especie de cueva tallada en la roca, al pie de la montaña que domina el puerto, y sobre la que se levantaba un viejo fuerte casi en ruinas.

Esta cueva servía de abrigo a los pescadores de Mallorca cuando atracaban en Cabrera, en donde la pesca era abundante (Froger, 2010, p. 88).

Destaca la referència a la cova tallada dins la roca i a la pesca, confirmant que en aquells moments, com en tants altres de la història de l'illa, la seva explotació tenia més a veure amb els recursos marins que amb els terrestres. La falta d'aigua dolça, atès l'elevat nombre de presoners, és una altre element que es repeteix. Aquest autor també fa referència a una gran tempesta que formà una espècie de torrent des del lloc més elevat cap on hi havia el campament, o almenys una part del mateix, que resultà arrasat (Froger, 2010, p. 97).

En general totes les descripcions de Cabrera que es fan a les memòries de presos o suposats presos són semblats a la de Froger. Així la de l'Abate Turquet, recollida per Pere Estelrich, insisteix en l'aridesa i l'escassa quantitat de terra cultivable:

... enfrente del puerto, así a derecha e izquierda del castillo, se encuentran algunas colinas, únicos parajes de la isla que son verdaderamente susceptibles de cultivo, hallándose también entre los peñascos algunas porciones de terreno que pudieran utilizarse, pero de tan corta extensión, que no merecen mencionarse y que en realidad no son sino anchas grietas rellenas de una especie de residuo terroso bajado de las montañas. En cuanto a la tierra vegetal de Cabrera, es ligera, arenosa y poco abundante, sin embargo de que conocimos más tarde que estando situada bajo un sol purísimo y una suave temperatura, pudiera hacerse muy fértil con un esmerado cultivo; solamente que la capa de tierra tiene poco espesor para criar espesos bosques o árboles frutales. Algunos arbustos raquíuticos y sin vigor, alguna maleza, césped macilento, helechos en las hendiduras de las peñas, un bosquecillo de pinos ocultos por las montañas; ved ahí poco más o menos lo que contiene el suelo de Cabrera cuyo aspecto es el más siniestro y sombrío (Turquet, 1906, p. 65).

El mateix autor indica com els presoners francesos trobaren un petit camp sembrat de blat (Turquet, 1906, p. 67), la qual cosa vol dir que existia una explotació agrària, per petita que fos, abans de l'arribada dels francesos, probablement deguda a les dificultats que a Mallorca i a altres llocs del continent es donaven en aquells moments en la relació recursos-població, en un clar exemple del problema malthusià propi de les societats preindustrials i que obligaven a sembrar per tot on fos possible tot i que els rendiments fossin summament baixos. Turquet cita també com alguns presos es dirigien a Conillera per tal de proveir-se de conills o algunes aus que poc acostumats a la presència humana no fugien i eren bons de cassar (Turquet, 1906, p. 89). Segons Smith, al principi hi havia conills a Cabrera, però l'activitat caçadora dels francesos els extingí, com també arribà a passar a la Conillera (2004, p. 101). També intentaven recollir marisc a la platja o les roques i pops (Turquet, 1906, p. 94), i recollien sal (Turquet, 1906, p. 146)...

El segon fenomen important a la història de Cabrera en el segle XIX és l'intent de colonització a l'empara de les lleis de colonització de 1855 i 1868. L'objectiu era posar en conreu llocs que no hi estassin, de manera que es pogués augmentar la producció agrícola nacional. Els avantatges que es donaven als propietaris que duguessin a terme la inversió agrària segons els termes de la llei animaren als propietaris de Cabrera, la família Feliu, a realitzar la colonització que es beneficià de la mà d'obra abundant a les Balears igual que a la resta d'Espanya. Aquesta empresa colonitzadora ha estat recollida per alguns historiadors, com ara Rosselló Verger (1962: 510) que pràcticament la qualifica de fracàs. De tota manera l'historiador que n'ha fet una anàlisi més acurada és Bartomeu Pastor (2008, pp. 61 i ss.). Segons el citat autor l'inici de la colònia fou el 1891, tot i que ja abans s'havia roturat un part de la garriga per tal de sembrar-hi vinya, la qual cosa es va fer amb mà d'obra especialitzada de Mallorca. Hi arribà a haver 23 quarterades de vinya, extensió no menyspreable, i cent persones treballant a l'illa. Es construí un celler i l'anomenada Casa Feliu. La crisi de la vinya, deguda sobretot a les mesures proteccionistes franceses, feren que ben aviat aquest conreu fos substituït pel cereal, opció lògica si es té en compte la caiguda del preu del vi i l'augment del preu del cereal fruit de la política proteccionista espanyola. La sembra de cereal es continuà fins i tot després de que l'illa passés a dependre de l'exèrcit.

Com és conegut, l'any 1916 i en el transcurs de la I Guerra Mundial l'illa fou expropiada per l'Estat després de la presència d'un vaixell alemany, tot i que fins els anys setanta la presència militar fou més testimonial que altra cosa. Les terres es seguien arrendant per part de l'exèrcit i hi havia sementers, ovelles, cabres... gairebé res que no fos l'ús tradicional juntament amb la presència d'una petita guarnició destinada més a lluitar contra el contraban que a altra cosa. Tanmateix aquest ús agrícola-ramader anà disminuint des dels anys cinquanta de manera que anà guanyant terreny la garriga. Pareixia que Cabrera si coneixeria un canvi radical en el seu habitat de la mà de l'activitat que ha modificat el paisatge i la gent de totes les Balears: el turisme. A principi dels anys setanta es va saber que l'exèrcit es plantejava abandonar l'illa, la qual cosa significà l'inici de projectes d'urbanització i/o ús turístic atès que l'expropiació de l'Estat havia contemplat el dret de retracte si es deixava d'emprar amb finalitat militar. Començà una certa protesta social, però el fet decisiu per a la conservació de l'habitat va ser que l'exèrcit no sols no abandonà l'illa sinó que n'intensificà l'ús realitzant maniobres periòdicament. La resta de la història és ben coneguda i protagonitzada per l'actual parc marítim-terrestre.

CONCLUSIONS

Per diverses raons, pressió de l'enemic, escasses expectatives de guany econòmic de l'explotació agro-ramadera de l'illa, valoració més de les seves possibilitats com a port que com zona de producció, dificultats hisendístiques de la Corona (cas del segle XVIII), projectes escassament realistes per a l'explotació (cas del projecte de Villajuana), presència militar que tragué l'illa del mercat immobiliari-turístic... tot pareix que s'ha aliat per tal de que l'efecte d'antropogènesi afectés relativament poc a Cabrera o, almenys, ho fes de forma no irreversible. Un dels poc casos en que qüestions econòmiques, tècniques, jurídiques o de geoestratègia han aconseguit que un territori de les nostres illes sigui testimoni de profundes transformacions de la resta de les Balears però que ella no les hagi conegudes.

REFERÈNCIES

- Amengual, J. 2008. La repressió dels monjos mallorquins de Cabrera (603). In: *Cabrera. El tresors de l'illa*. Govern de les Illes Balears, Palma. 27- 38.
- Aparicio, A. 2012. El castell de l'illa de Cabrera. Documenta Balear, Palma. 254 pp.
- Campaner, A. 1984. *Cronicón Maioricense*. Ajuntament de Palma, Palma. 697 pp. 3^a edició
- Dameto, J., Mut, V. i Alemany. 1840. *Historia General del Reino de Mallorca*. Imprenta Juan Guasp, Palma.
- Deyá, M. J. 2008. Terra de frontera en temps de discòrdia. In: *Cabrera. El tresors de l'illa*. Govern de les Illes Balears, Palma. 39-48.
- Froger, G. 2010. *Cuando el padre nos olvida. Los prisioneros de Cabrera en la Guerra de la Independencia (1808-1814)*. Objeto Perdido Ediciones, Palma. 174 pp.
- Giménez, E. i Alberola, A. 1994. El proyecto de poblar la isla de Cabrera a fines del siglo XVIII. *Investigaciones Geográficas*, 12: 85-92.
- Malcom, N. 2016. *Agentes del Imperio*. Galaxia Nuremberg, Barcelona. 719 pp.
- Martorell, F. 2009. Noves perspectives per a l'estudi del captiveri dels presoners francesos a l'illa de Cabrera (1809-1814): el jaciment arqueològic del Pla de ses Figueretes. In: *La Guerra del Francès (1808-1814)*. Govern de les Illes Balears, Palma. 85-110.
- Pastor. B. 2008. La Colònia agrícola Vil-la Cristina. In: *Cabrera. El tresors de l'illa*. Govern de les Illes Balears, Palma. 61-67.
- Riera, M. 2008. Dades arqueològiques dels monjos de Cabrera. In: *Cabrera. El tresors de l'illa*. Govern de les Illes Balears, Palma. 23-26.
- Riera, M. i Ramis, D. 2008. La prehistòria i l'antiguitat clàssica. In: *Cabrera. El tresors de l'illa*. Govern de les Illes Balears, Palma. 15-22.
- Rosselló, V. 1964. *Mallorca. El Sur y Sureste*. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, Palma. 553 pp.
- Rosselló, R. 1980. *Notes històriques (miscel·lània)*, Mallorca. 28 pp.
- Rosselló, R. 1995. *Notícies Històriques de Cabrera*. Ed. Roig i Montserrat, Palma. 17 pp.
- Santamària, A. 2004. *El valle de Sóller y Mallorca en el siglo XVI*. Ajuntament de Sóller, Soller, pp. 527, 2^a edició.
- Smith, D. 2004. *El presoners de Cabrera. Els soldats oblidats de Napoleó (1809-1814)*. Consell de Mallorca, Palma. 189 pp.
- Turquet, A. 1906. Cinco años de destierro en Cabrera. In: *Estelrich, P. La isla de Cabrera*. Establecimiento Tipográfico de Rotger, Palma. 31-178.

Grau AM, Fornós JJ, Mateu G, Oliver PA, Terrasa B (2020) Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738pp. ISBN 978-84-09-23487-5



SHNB

Societat d'Història Natural de les Balears



G CONSELLERIA
O EDUCACIÓ, UNIVERSITAT
I I RECERCA
B DIRECCIÓ GENERAL
POLÍTICA UNIVERSITÀRIA
I RECERCA



Universitat
de les Illes Balears



ARXIPÈLAG DE
CABRERA
PARC NACIONAL
MARITIM I TERRESTRE
PATRONAT

