

ELS FONNS 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·lígena. 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.

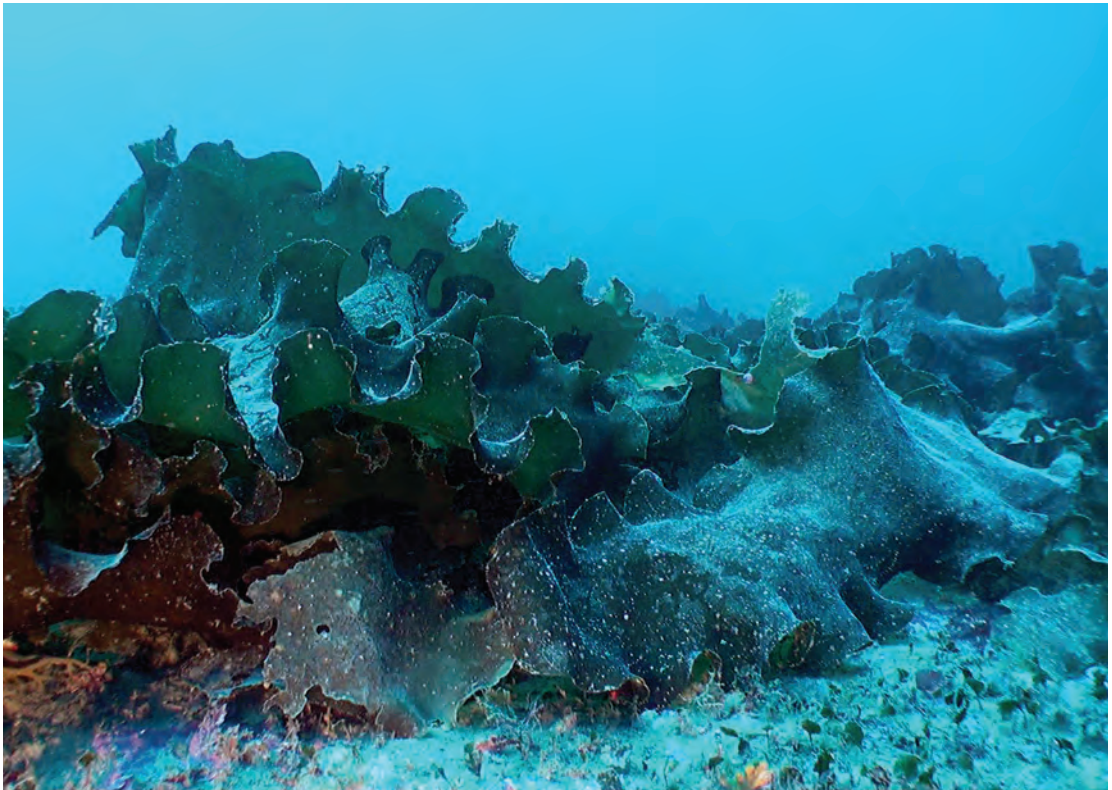


Figura 1. Creixement de *Laminaria rodriguezii* al Fort d'en Moreu (Foto: Oceana).



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).

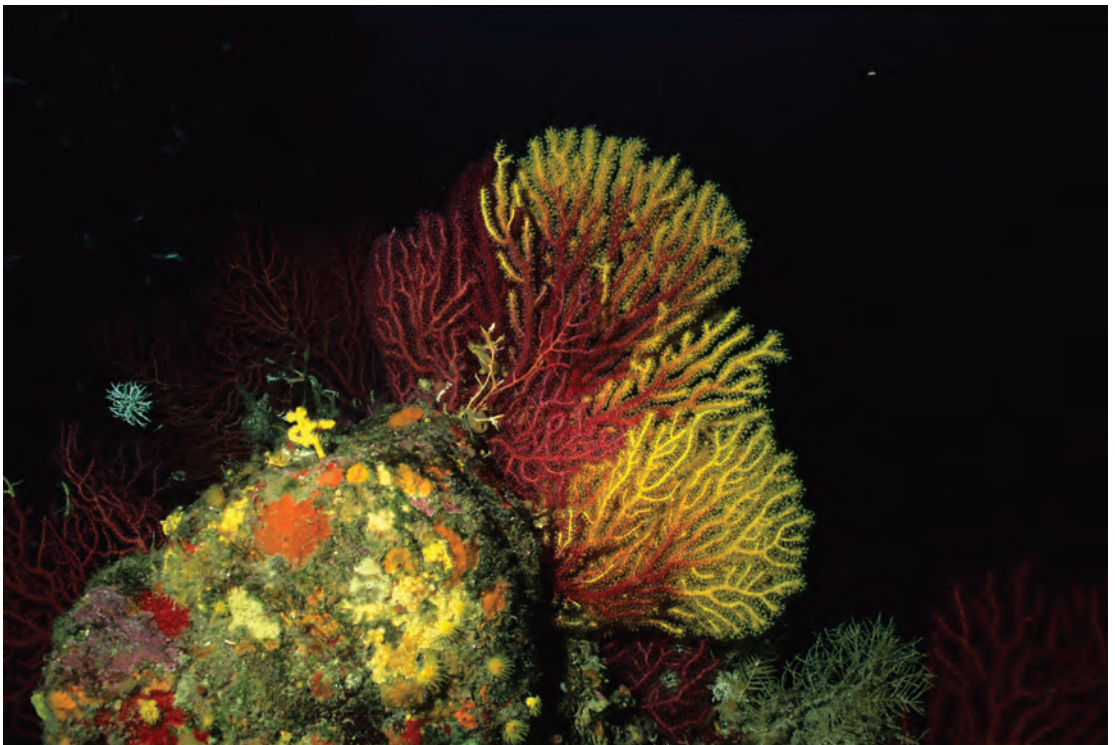


Figura 3. Aspecte de la roca circularitoral no concrecionada amb *Paramuricea clavata*, a la base de la pared sud-est de la Imperial, a 65 metres de fondària (Foto: Enric Ballesteros).



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).

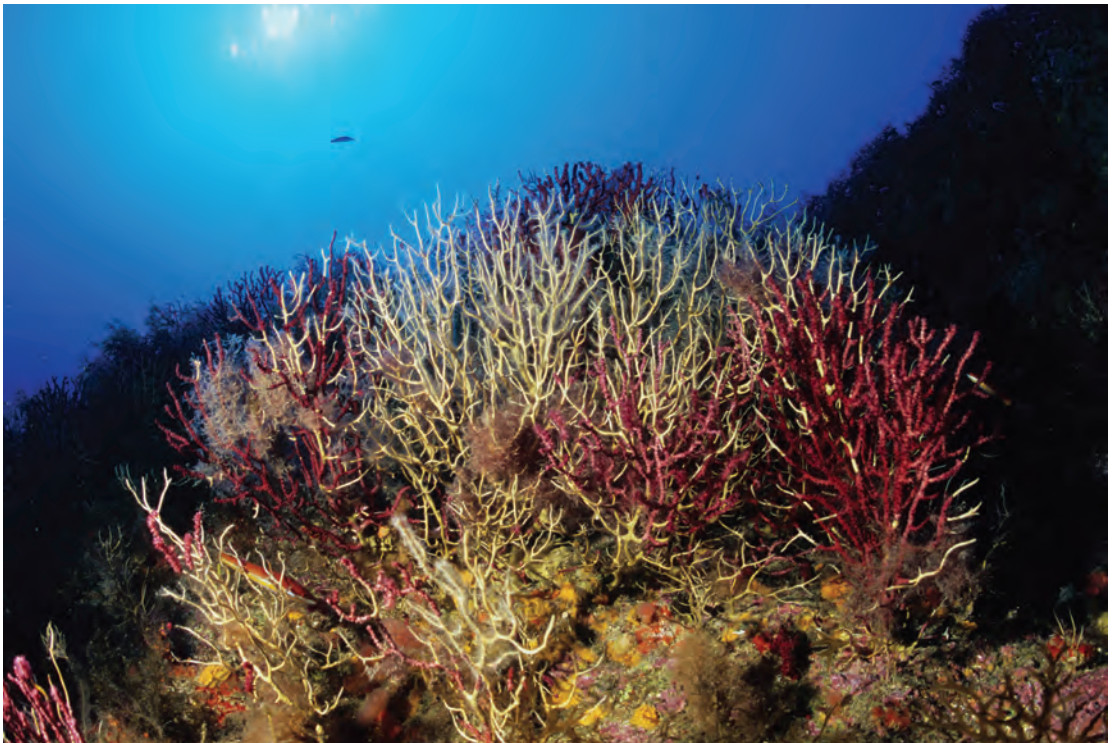


Figura 5. Efecte de la mortalitat sobre la població de *Paramuricea clavata* de la paret de la Imperial a 42 m de fondària, el novembre de 2007 (Foto: Enric Ballesteros).



Figura 6. Creixement explosiu a l'estiu de 2008 del poliquet *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 rocós i d'avellanó al Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera i aigües pròximes 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 (espoges, 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).

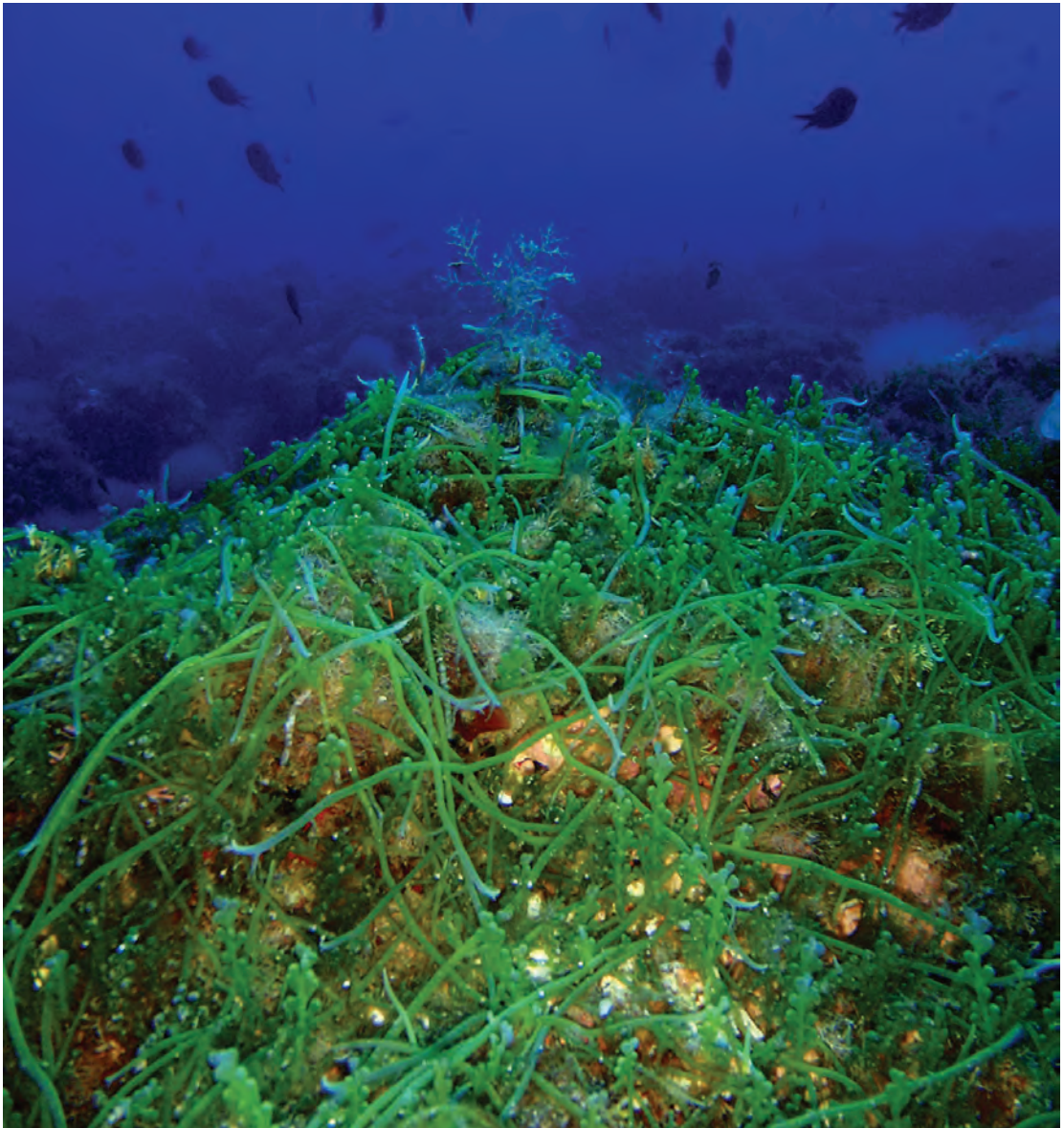


Figura 7. Creixement de *Caulerpa cylindracea* en un fons circalitoral rocós a 40 metres de fondària (Foto: David Diaz).

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; Piazzi *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).

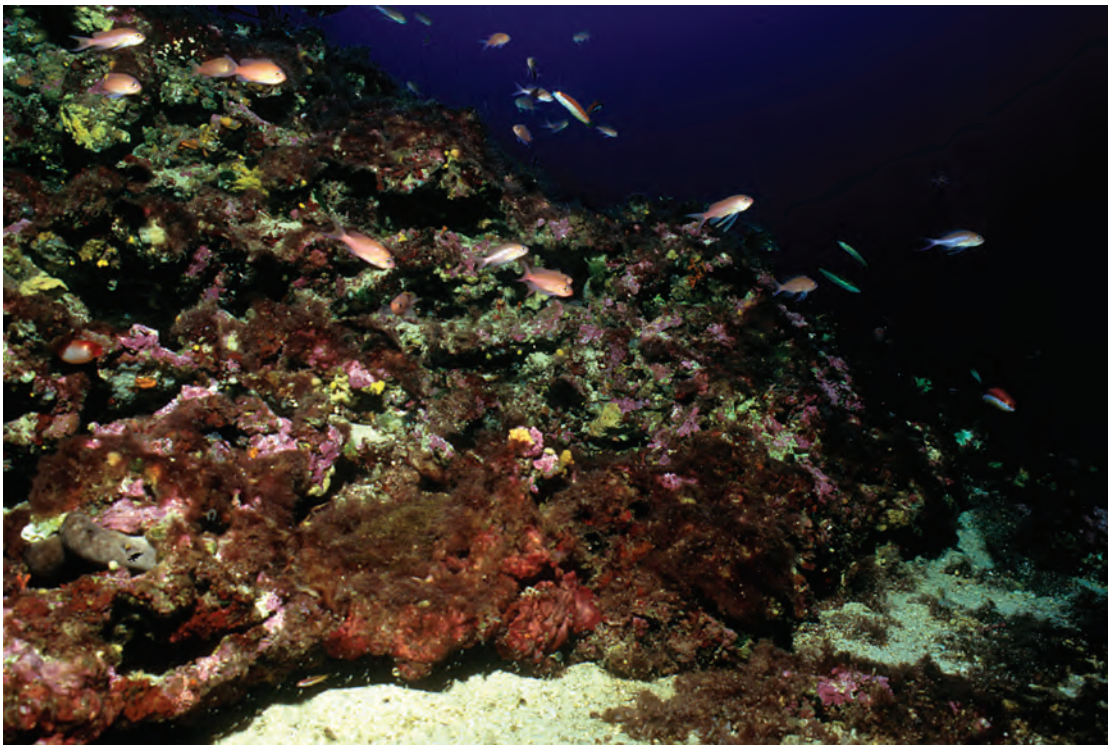


Figura 9. Aspecte del coral·ligen de s'Estel des Coll parcialment recobert per l'alga filamentosa invasora *Womersleyella setacea* (Foto: Enric Ballesteros).

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 malmetent 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). *PS.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-Viatti, 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., 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.
- 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.