

# LES COVES SUBMERGIDES DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

**David Díaz**

 Instituto Español de Oceanografía,  
 Centre Oceanogràfic de les Balears,  
 Palma

[david.diaz@ieo.es](mailto: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.

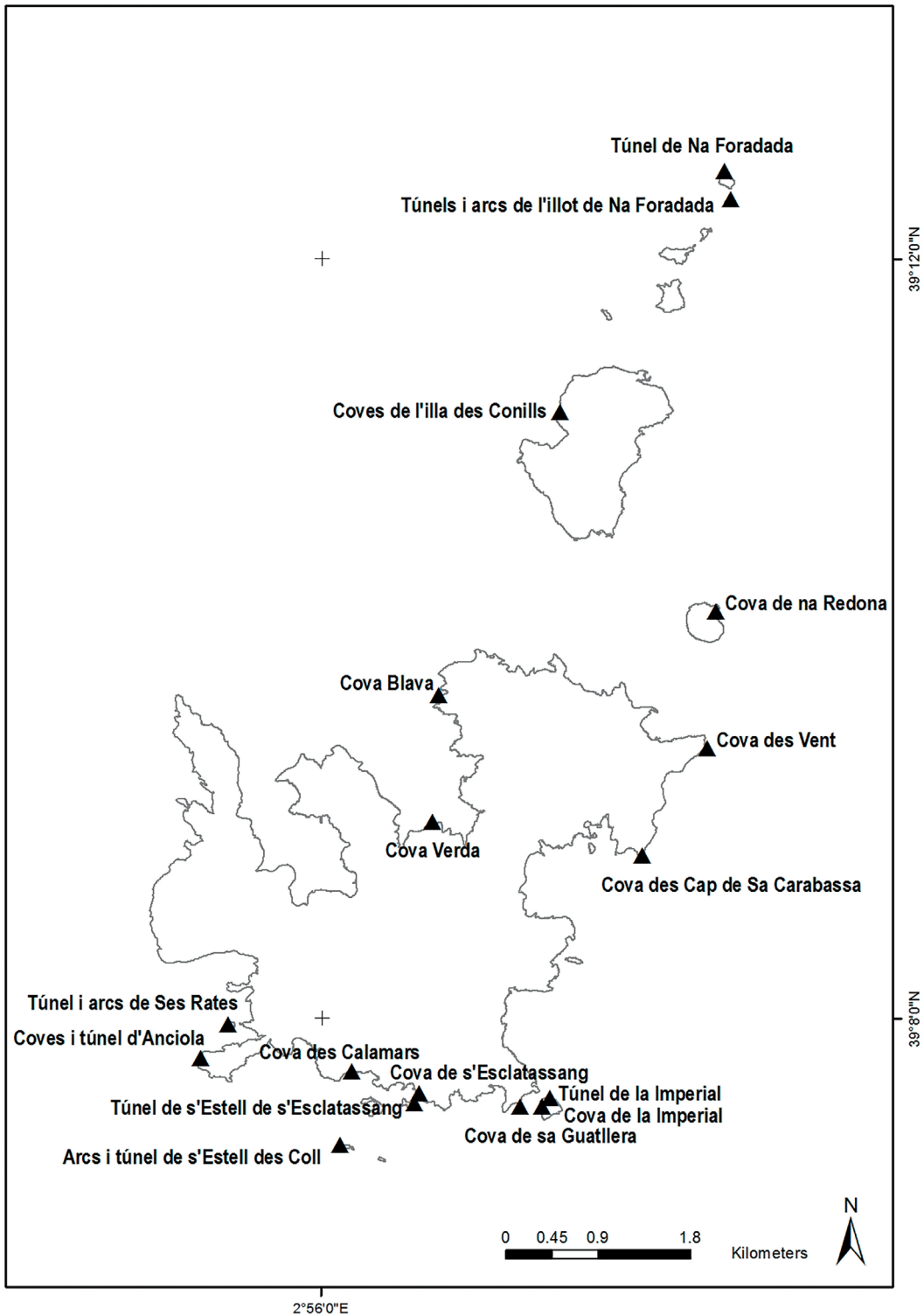
Per al recull dels hàbitats prendrem com a referència el llistat d'hàbitats presents a la “Lista Patrón de Hábitats Marinos Españoles” (LPRE, Templado *et al.*, 2012).

## 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

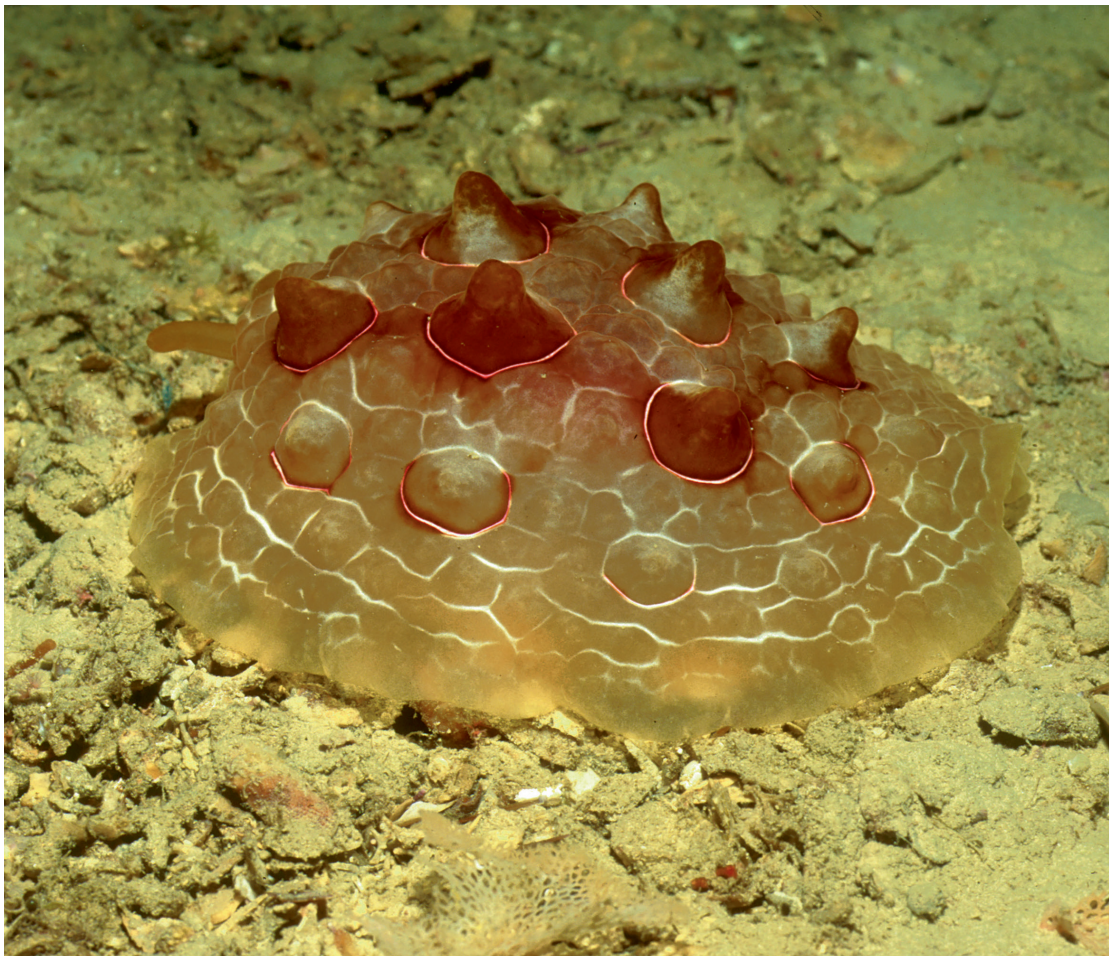
a dins es desenvolupen dues cavitats força amples en dos trams diferenciats. Les comunitats que trobem son típiques de coves totalment fosques. La sortida del túnel es produeix en mig d'un rocall de grans blocs a 17 metres de fondària amb dues obertures molt estretes.



**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 lipoclauidisca*, *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 *Myrmekioderma 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 *Ubraculum 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 detritica 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 cm<sup>2</sup> 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.

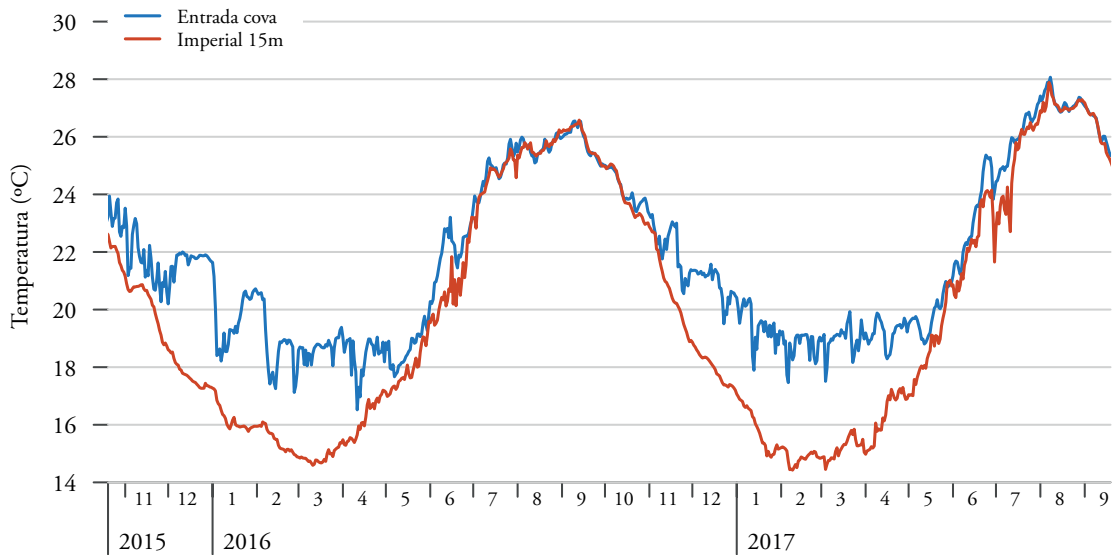
Tot i que es va mostrejar intensament durant el període post-reproductiu (octubre - març) es va observar una dramàtica caiguda de les densitats de població entre 0 i 50 metres. Aquesta davallada en les densitats es va associar a moviments a gran escala i es va intentar resoldre amb un programa de marcat 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 hm<sup>2</sup> 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
<b>0303</b>	<b>2</b>	<b>Coves i túnels infralitorals i circalitorals</b>
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 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 (Stefanni, 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 liechtensteinii* 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 García, 1992) és el primer misidaci marí estrictament troglòbic 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. *Burrimys 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., Fourt, 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, Gobiidae, Trypetergiidae) 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.