

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

**Francesc Xavier
Alemany**

IEO
Centre Oceanogràfic
de les Illes Balears

francisco.alemany@iccat.int

**Asvin
P. Torres**

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

**Patricia
Reglero**

**Catalina
Mena**

**Mari Luz Fernández
de Puellas**

**Rosa
Balbín**

IEO
Centre Oceanogràfic
de les Illes Balears

**Diego
Álvarez-Berastegui**

**Itziar
Álvarez**

**David
Macías**

**Melissa
Martín**

**Carme
Ferrà**

**Maria
Valls**

**José María
Rodríguez**

IEO
Centre Oceanogràfic
de les Illes Balears

IEO
Centro Oceanográfico
de Gijón

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

RESUM

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

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

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

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

ABSTRACT

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

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

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

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

INTRODUCCIÓ

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

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

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

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

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

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

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

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

MATERIAL I MÈTODES

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

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

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

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

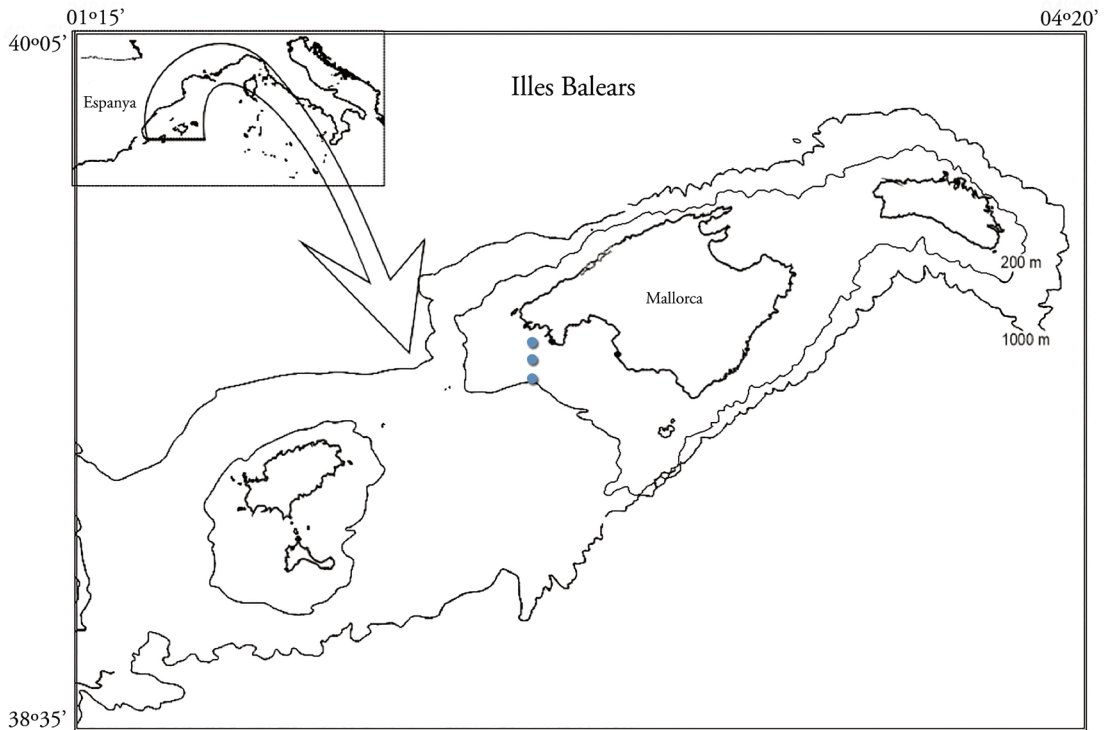


Figura 1. Localització de les estacions costaneres (St. 1) i de plataforma més profunda (St. 2 i St. 3) mostrejades durant els períodes 1994–2003 i 1994 -1999 en els programes RADBAL i ECOBALEARES, respectivament.

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

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

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

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

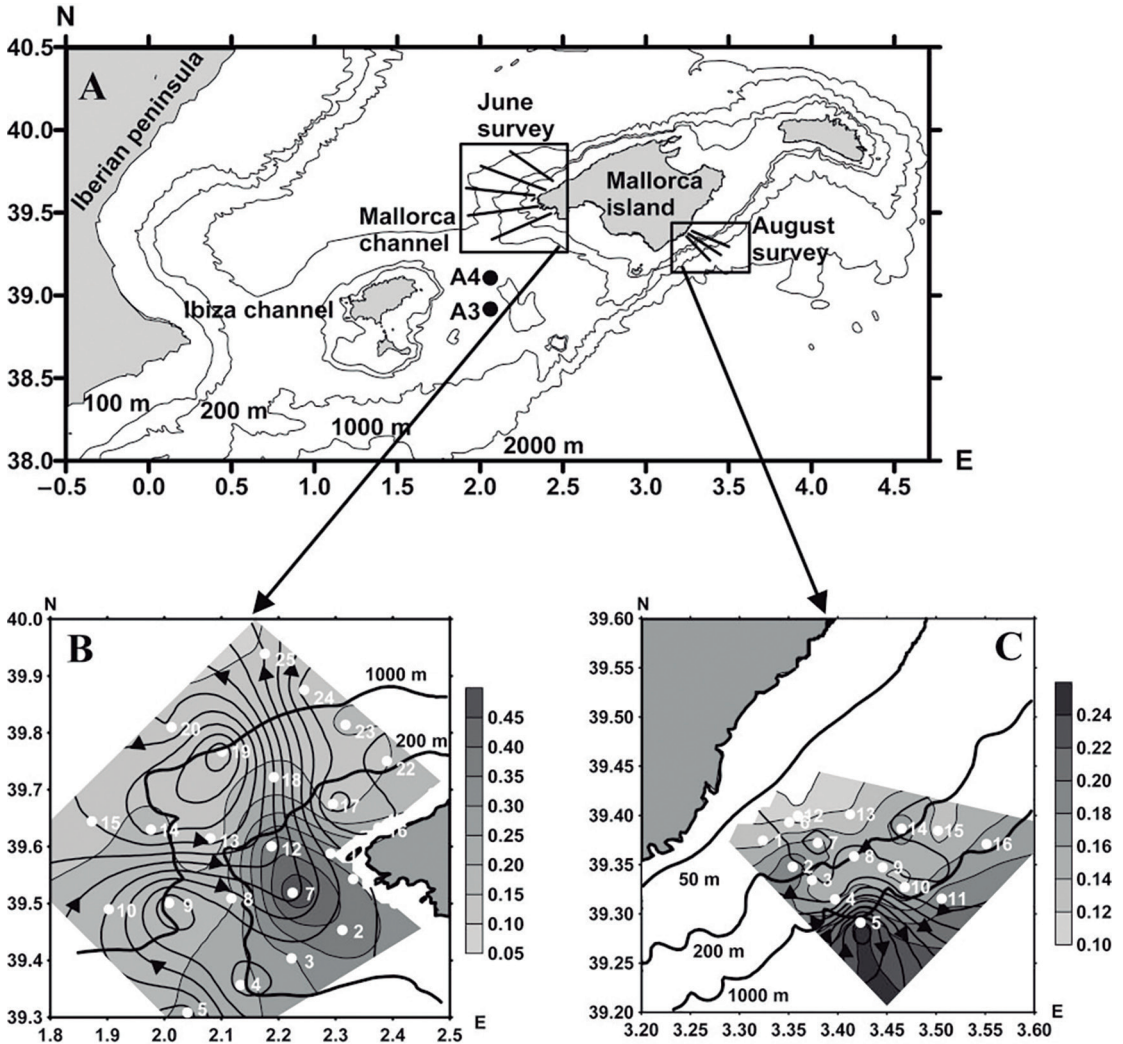


Figura 2. Situació de les estacions de les campanyes del projecte CORY (*Alemaný et al.*, 2006).

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

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

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



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

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

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

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

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

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

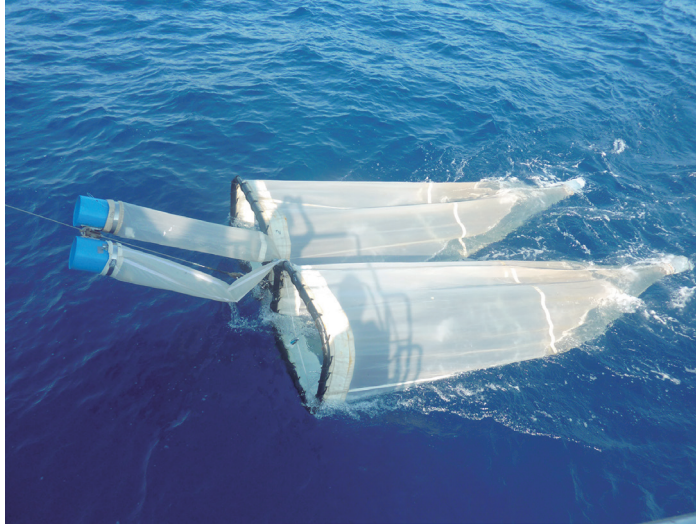


Figura 4. Muntatge de xarxes per a mostreig sincrònic de microplàncton, mesozooplàncton i comunitats meroplànctòniques utilitzades al programa TUNIBAL.

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

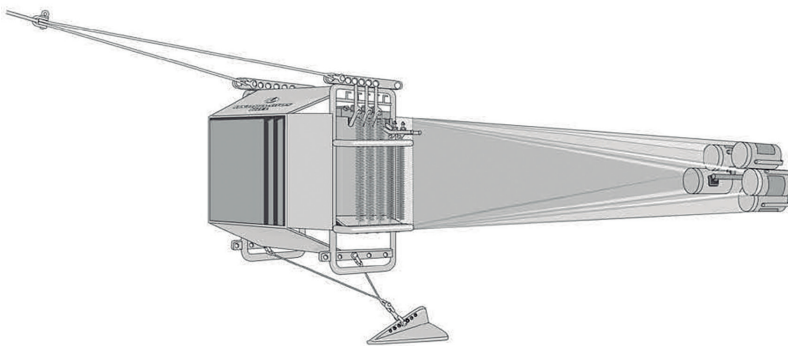


Figura 5. Xarxes Multinet (esquerra) i MOCNESS (dreta) per a mostreig planctònic estratificat emprades al programa TUNIBAL (Font: www.hydrobios.de).

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

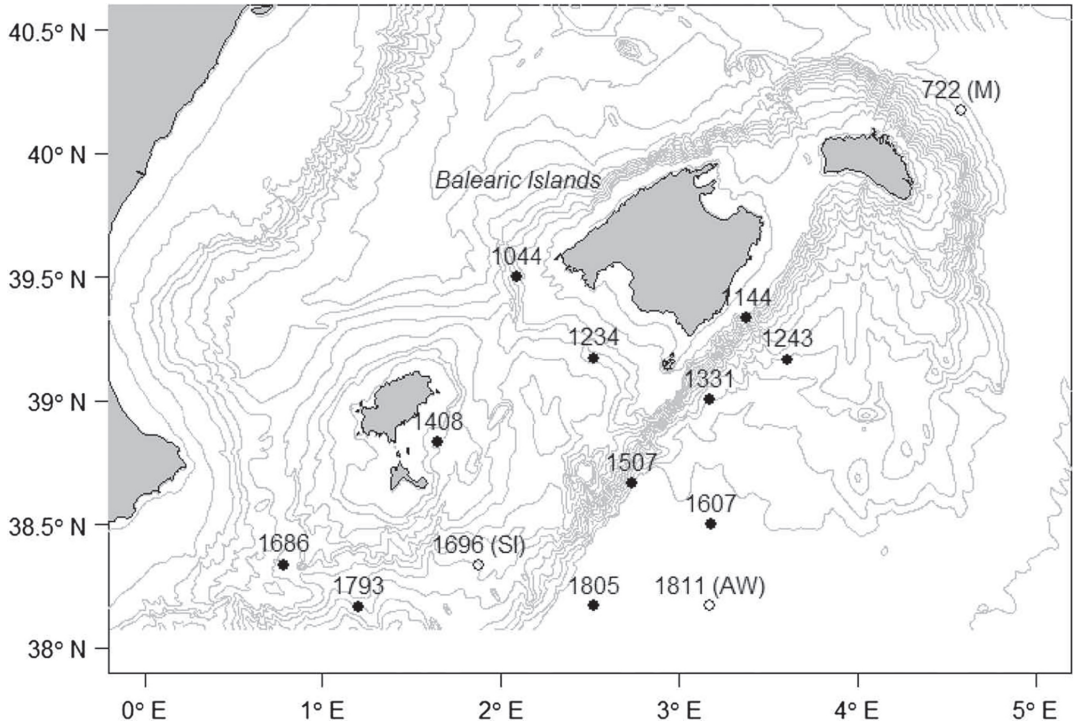


Figura 6. Localització de les estacions amb mostreig de picoplàncton de la campanya BLUEFIN 2013.

Programes multidisciplinars Projecte IDEADOS

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

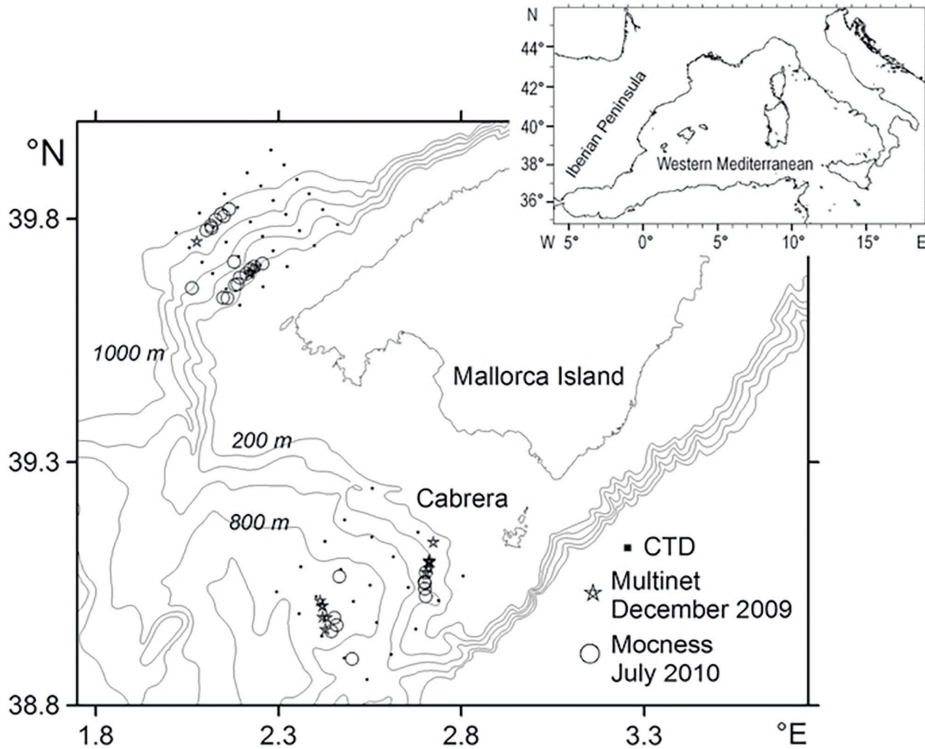


Figura 7. Localització de les estacions dels diferents tipus de mostreig realitzats en el projecte IDEADOS.

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

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

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

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

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

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

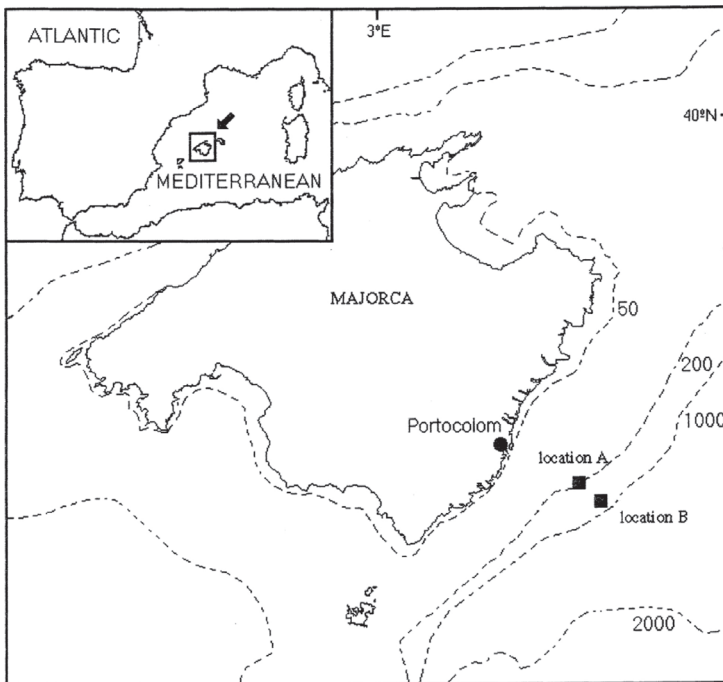


Figura 8. Localització de les estacions de mostreig de comunitats epipelàgiques del projecte CORY.

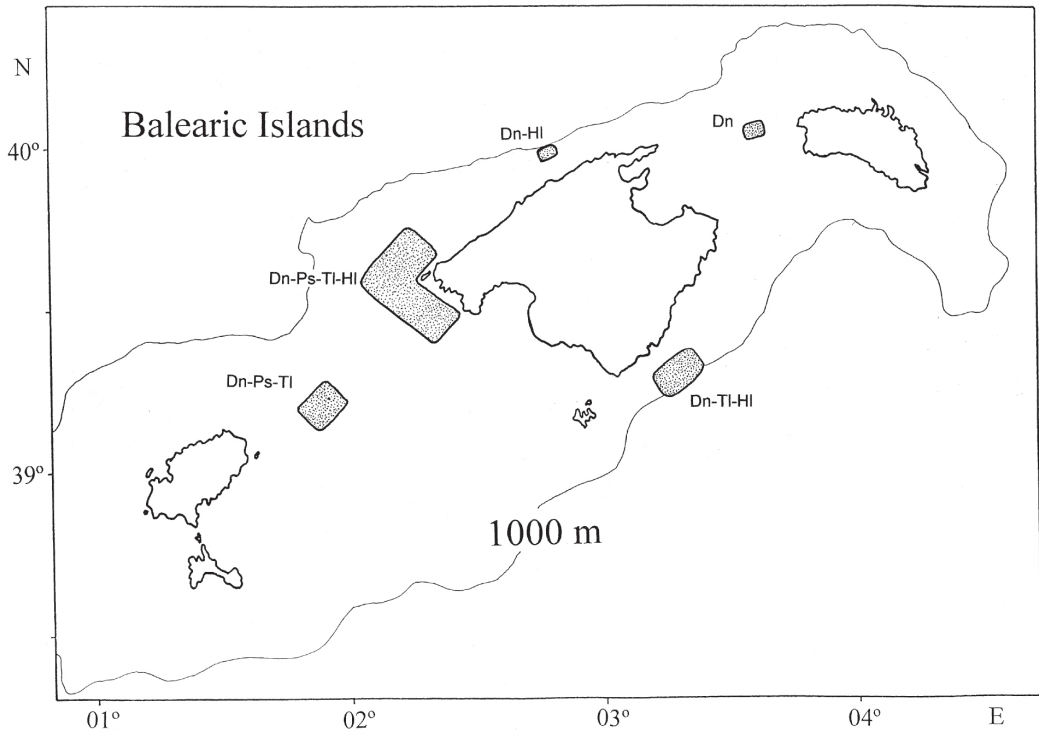


Figura 9. Zones on es realitzaren mostres d'oportunitat per caracteritzar comunitats epipelàgiques associades a objectes flotants per al treball de Riera *et al.*, (1999) (Dn: salabre; Ps: xarxes encerclament; TI: fluixes; HI: línies de mà).

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

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

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

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

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

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

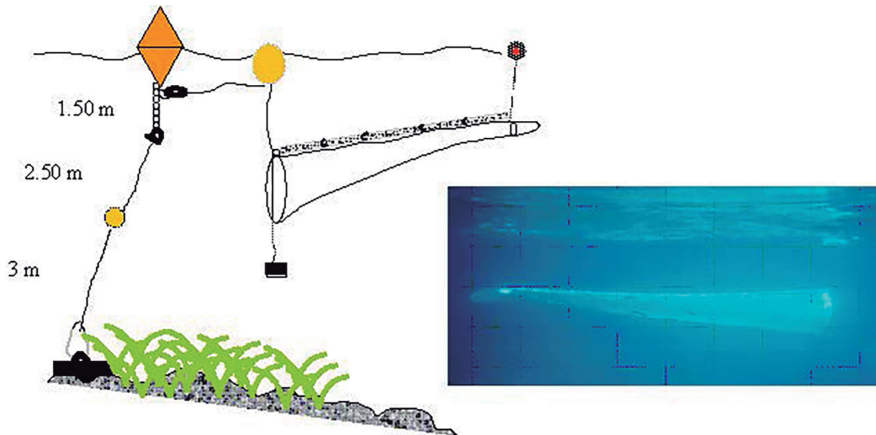


Figura 10. Esquema del dispositiu per mostreig passiu d'ous i larves de peixos utilitzat al projecte BIOMEX.

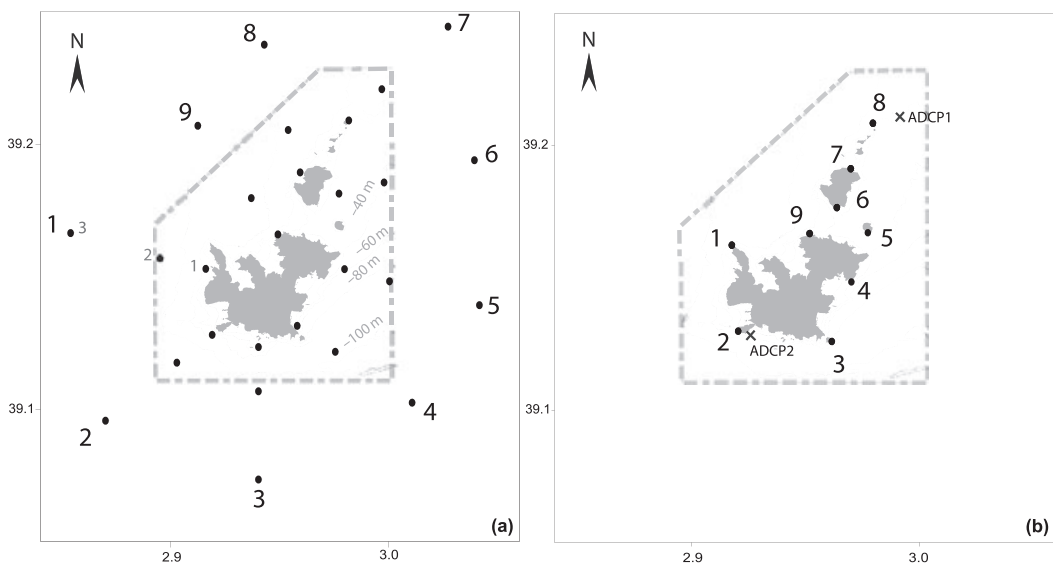


Figura 11. Localització de les estacions de mostreig del projecte BIOMEX.

Projecte TALACA

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

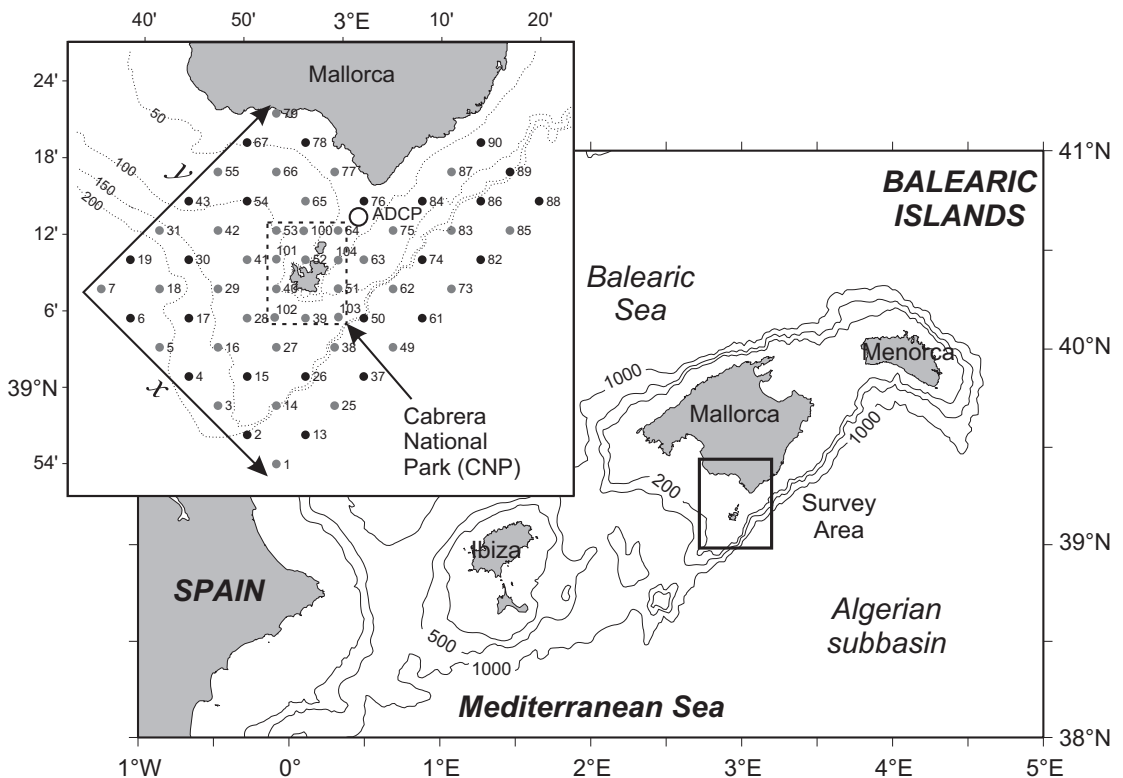


Figura 12. Localització de les estacions de mostreig del projecte TALACA.

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

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

RESULTATS I DISCUSSIÓ

CARACTERITZACIÓ DE COMUNITATS PELÀGIQUES A L'ENTORN DEL PNMTAC

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

Picoplancton

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

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

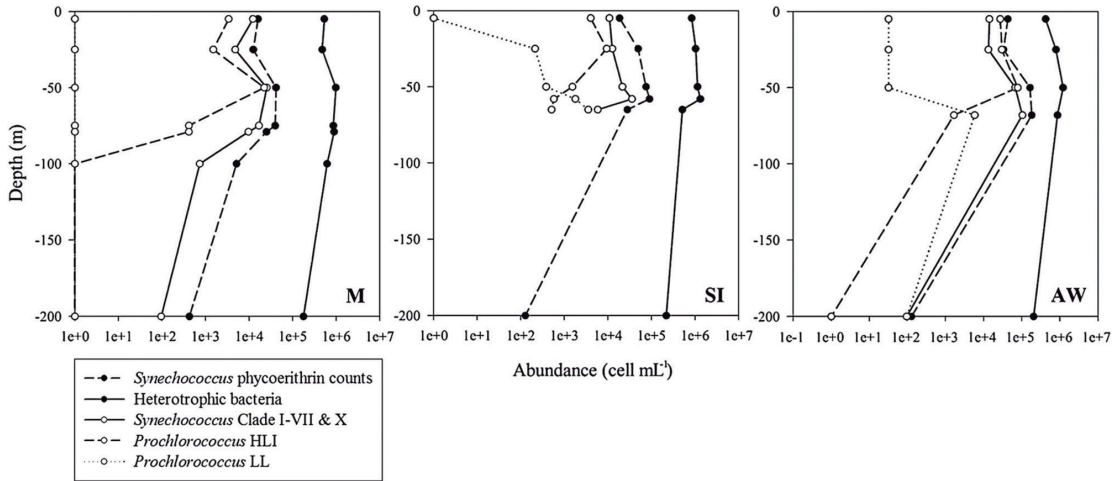


Figura 13. Perfils verticals de les abundàncies de picoplàncton procariota a les estacions M (Menorca), SI (Sud Eivissa), i AW (Aigües Atlàntiques) (de Mena *et al.*, 2016).

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

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

Nano i microfitoplàncton eucariota

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

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

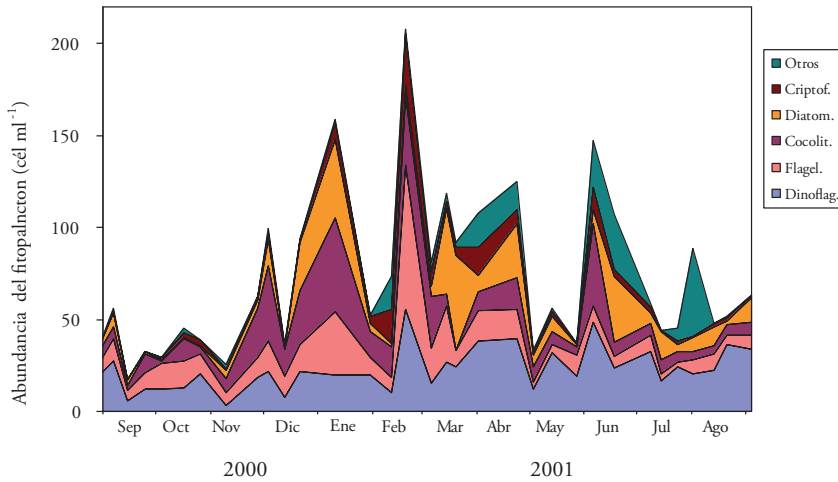


Figura 14. Variació estacional de la contribució relativa de cadascun dels principals grups taxonòmics del fitoplàncton a aigües de plataforma del Sud de Mallorca (de València, 2013).

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

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

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

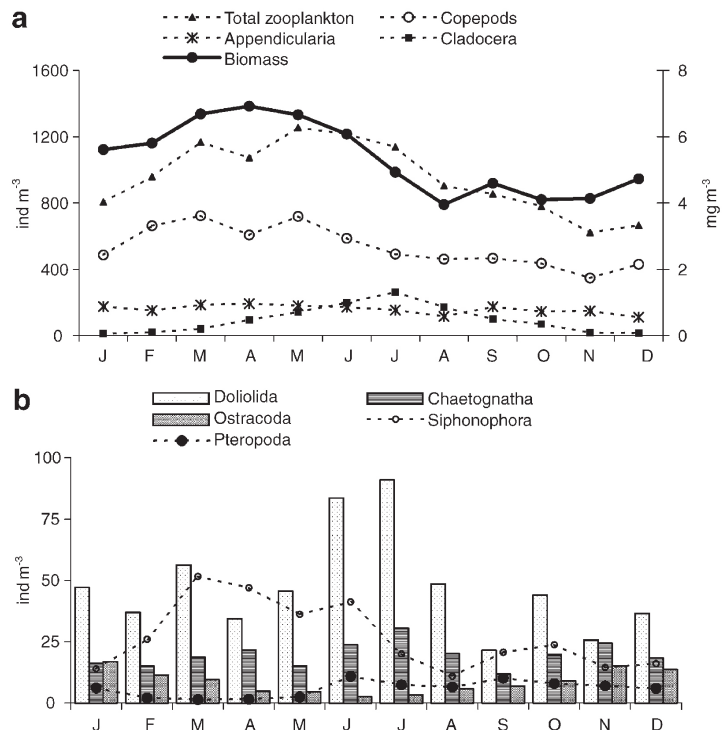
Zooplànton (*holoplànton i meroplànton*)

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

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

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

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



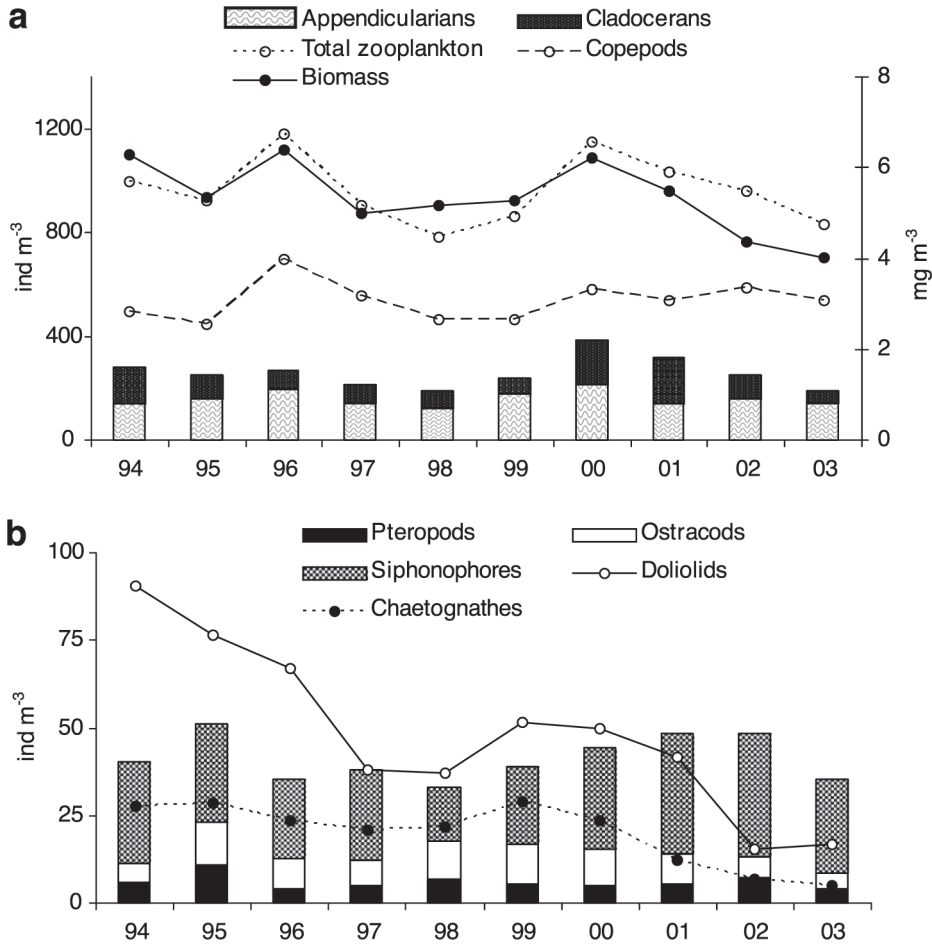


Figura 16. Valors mitjans anuals de a) biomassa zooplànctonica (mg m^{-3}) i d'abundància zooplànctonica a l'estació 1 del programa de seguiment de comunitats planctòniques de l'IEO (ind. m^{-3}) de a) nombre total d'organismes, copèpodes, apendicularies i cladòcers, i (b) sifonòfors, doliòlids, quetognats,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

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

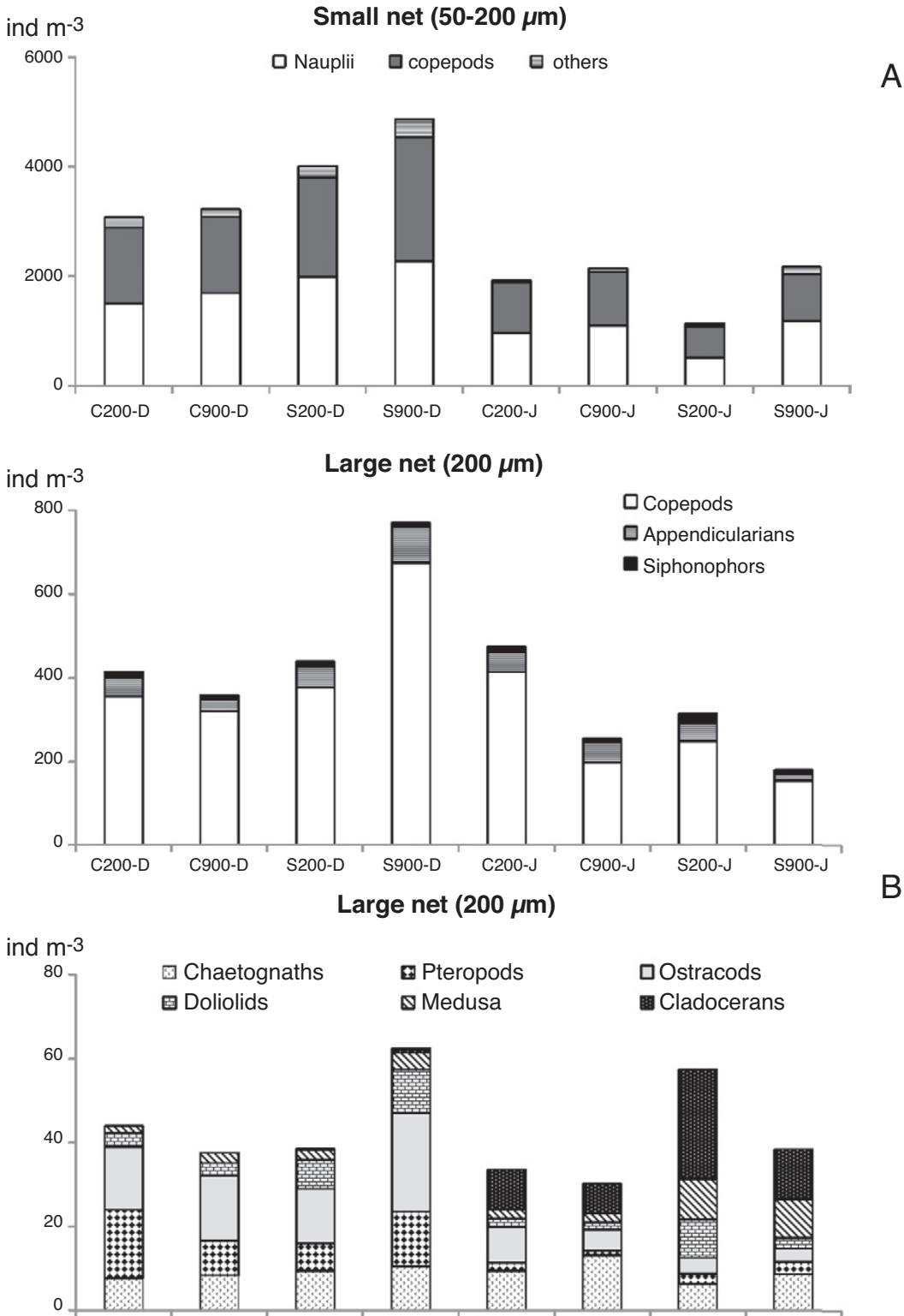


Figura 17. A) Abundància mitjana (ind. m^{-3}) de micrometazooplànton (50-200 micres i B) dels diversos grups del mesozooplànton ($>200 \mu\text{m}$) a desembre (D) i juliol (J) a Cabrera (C) i a Sóller (S) (de Fernández de Puelles *et al.*, 2014).

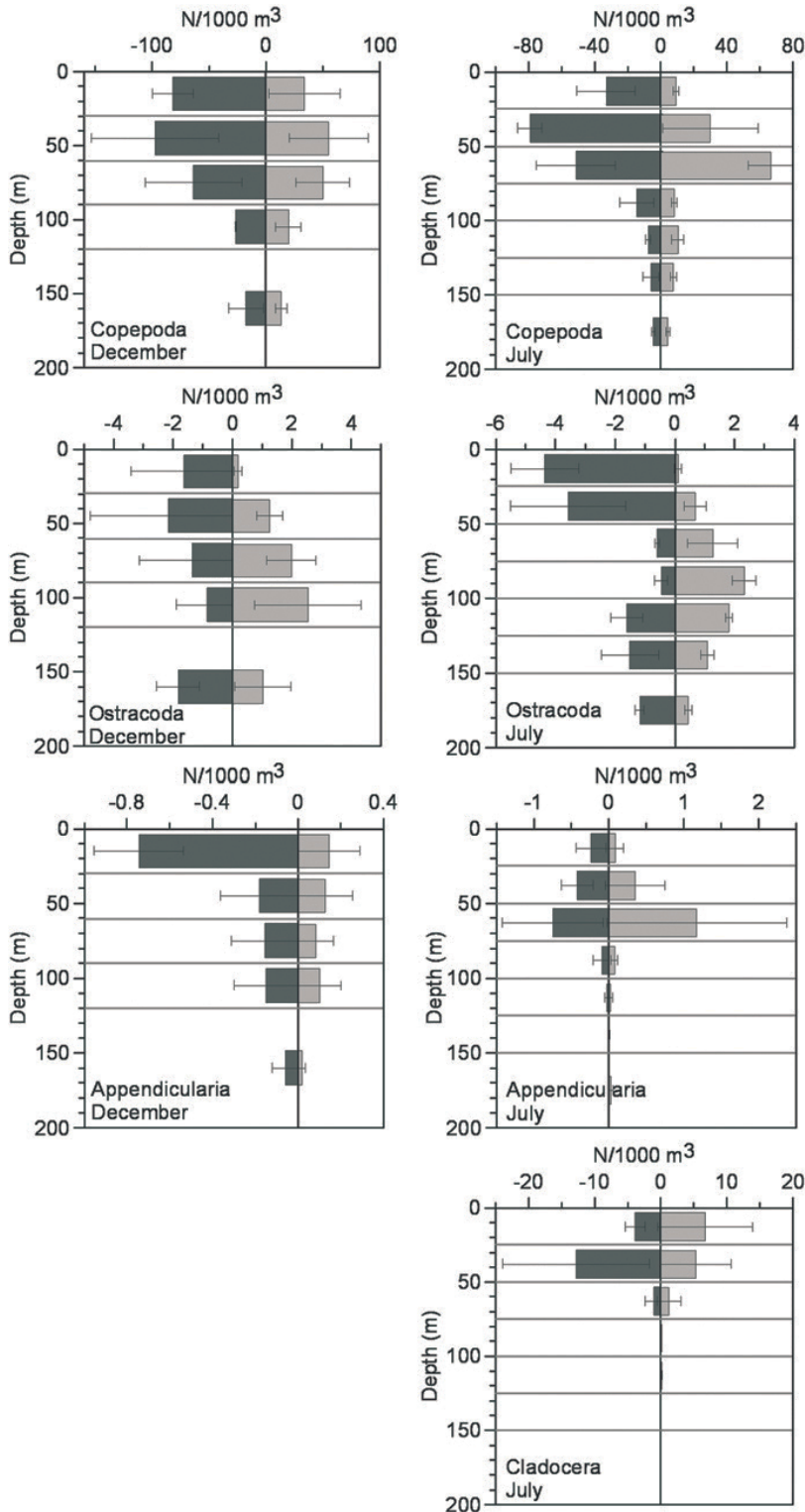
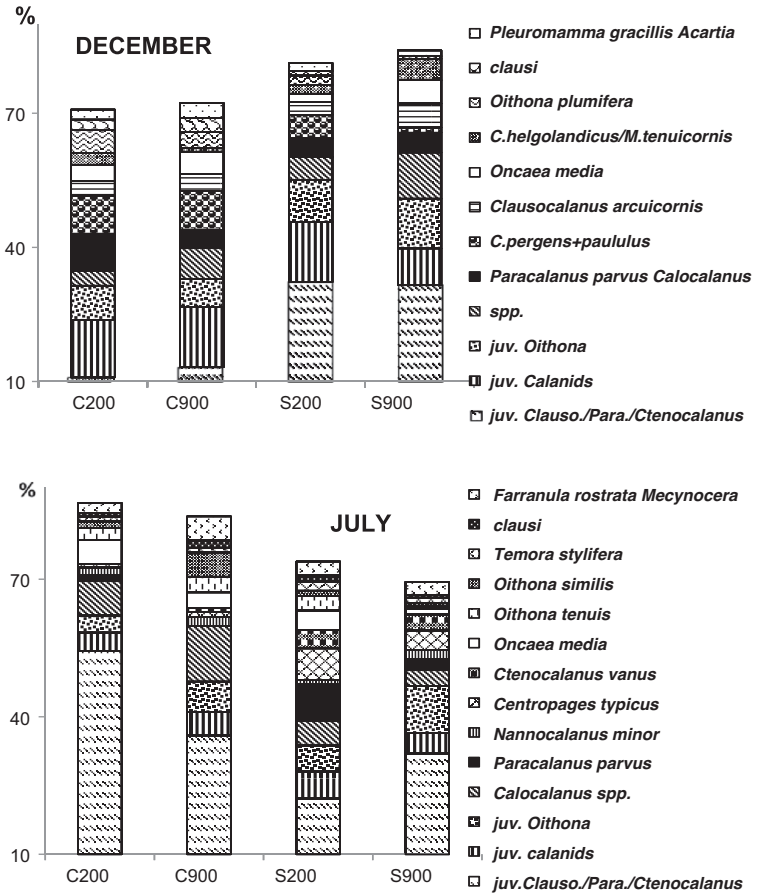


Figura 18. Distribució vertical mitjana dels principals grups del mesozooplankton a les zones de Cabrera i Sóller registrades durant les campanyes IDEADOS (pesques diürnes:barres clares; pesques nocturnes:barres fosques) (de Olivar *et al.*, 2014).

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



Quant al meroplàncton, ha estat àmpliament estudiat a tota la mar Balear, inclòs l'entorn immediat del PNMTAC i, en el cas d'ous i larves de peixos, fins i tot a l'interior del propi parc. Els resultats dels estudis sobre els processos d'exportació

larvària des del PNMTAC es detallaran més endavant i primer descriurem les principals comunitats meroplànctòniques de les que es disposa d'informació (larves de peixos, crustacis decàpodes i paralarves de cefalòpodes) a l'entorn del PNMTAC.

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

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

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

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

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

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

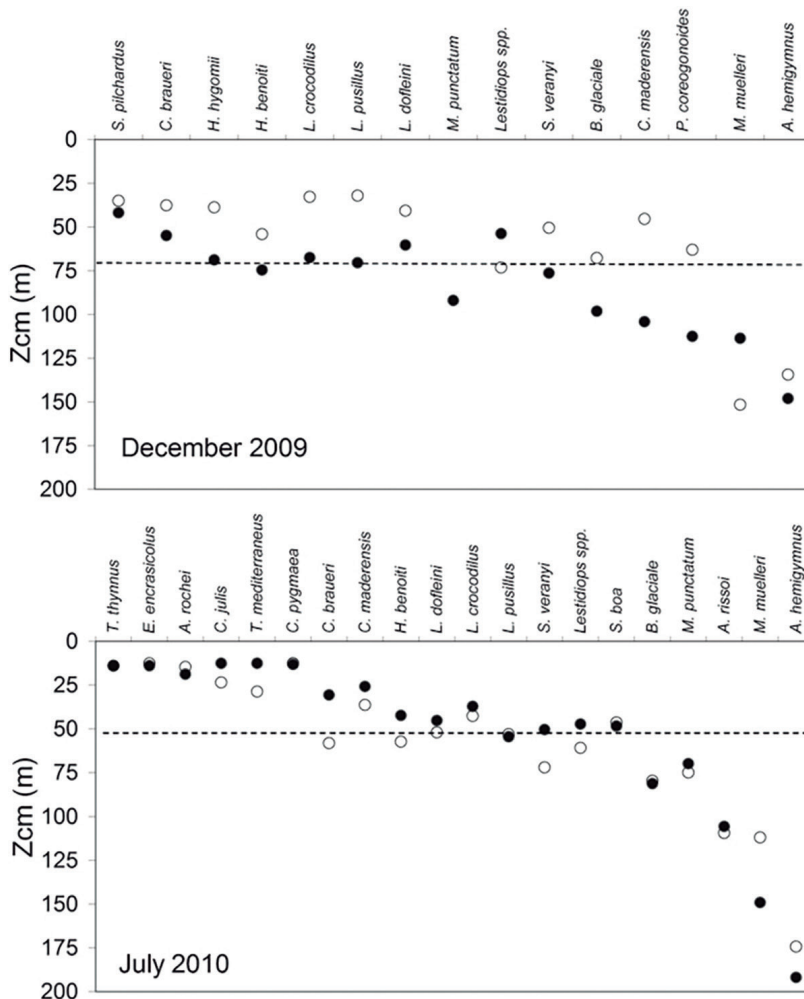


Figura 20. Profunditats mitjanes diürnes (cercles oberts) i nocturnes (cercles sòlids) de les espècies més abundants a les campanyes IDEADOS realitzades a la zona de Sóller i Cabrera en desembre 2009 i juliol 2010 (de Olivar *et al.*, 2014).

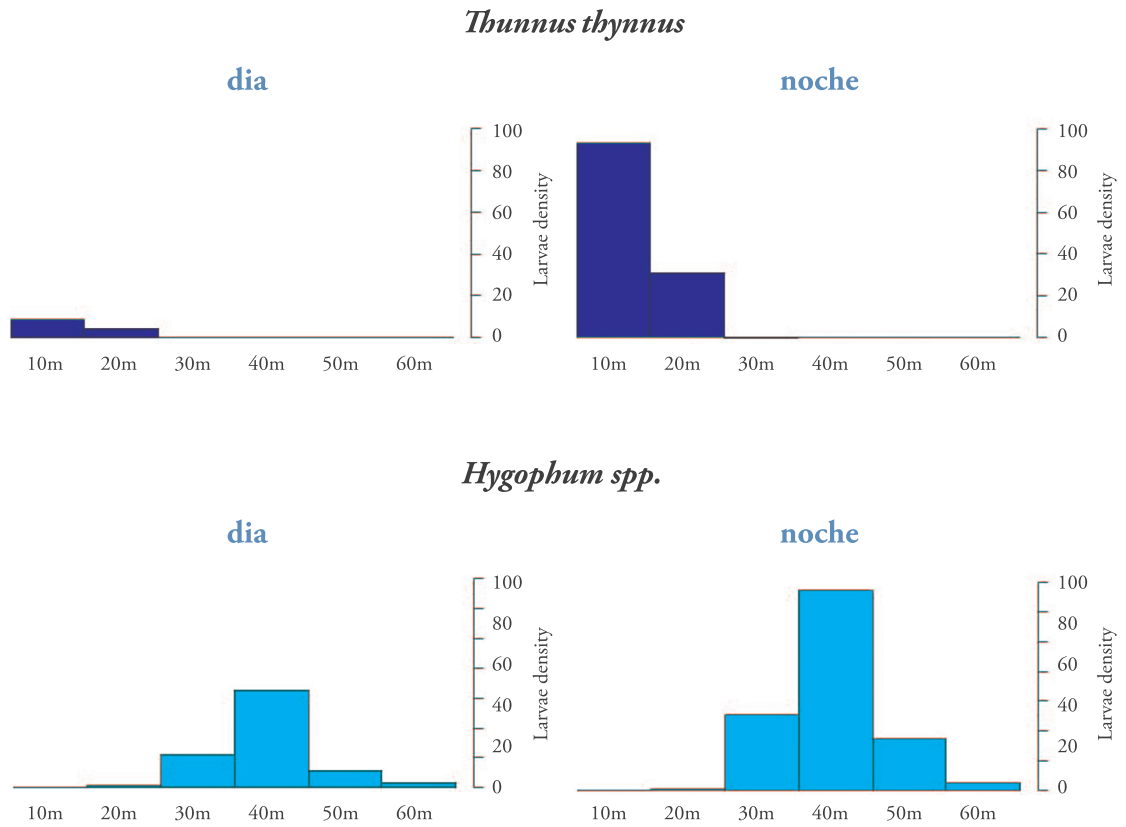


Figura 21. Distribució vertical diürna i nocturna de larves de *Thunnus thynnus* i *Hygophum* sp. (de Ferrà, 2013).

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

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

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

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

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

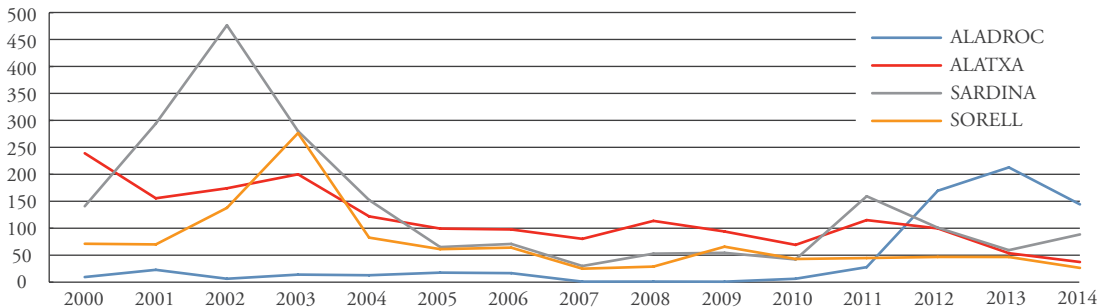
Family	Species	Bongo 60			Bongo 90			Bottom depth (m)	Nt	%Nt
		N	%F	(AA+)± SD	N	%F	(AA+)± SD			
<i>Ancistrocheiridae</i>	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	6	2.78	0.687±0.086	6	1.33	0.177±0.021	104-2515	12	1.03
<i>Brachioteuthidae</i>	<i>Brachioteuthis riisei</i>				2	0.45	0.203±0.009	1339-2566	2	0.17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

Comunitats de petits pelàgics

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

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

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

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

Comunitats de meso i batipelàgics

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

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

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

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

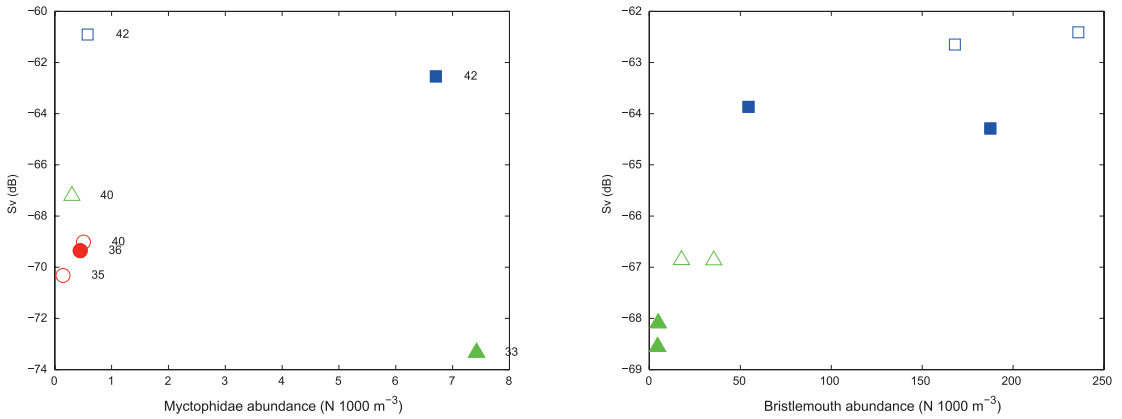


Figura 23. Esquerra: abundància estival de mictòfids en N per 1000m³ en relació a la intensitat de reflexió acústica a la capa entre 400 i 600 m. Els símbols plens indiquen pesques nocturnes. Les longituds modals s'indiquen com etiquetes numèriques. **Dreta:** abundància estival de *Cyclothone sp.* en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

Comunitats nectòniques associades a objectes flotants

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

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

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

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

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

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

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

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

Comunitats de grans pelàgics

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

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

Projecte BIOMEX

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

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

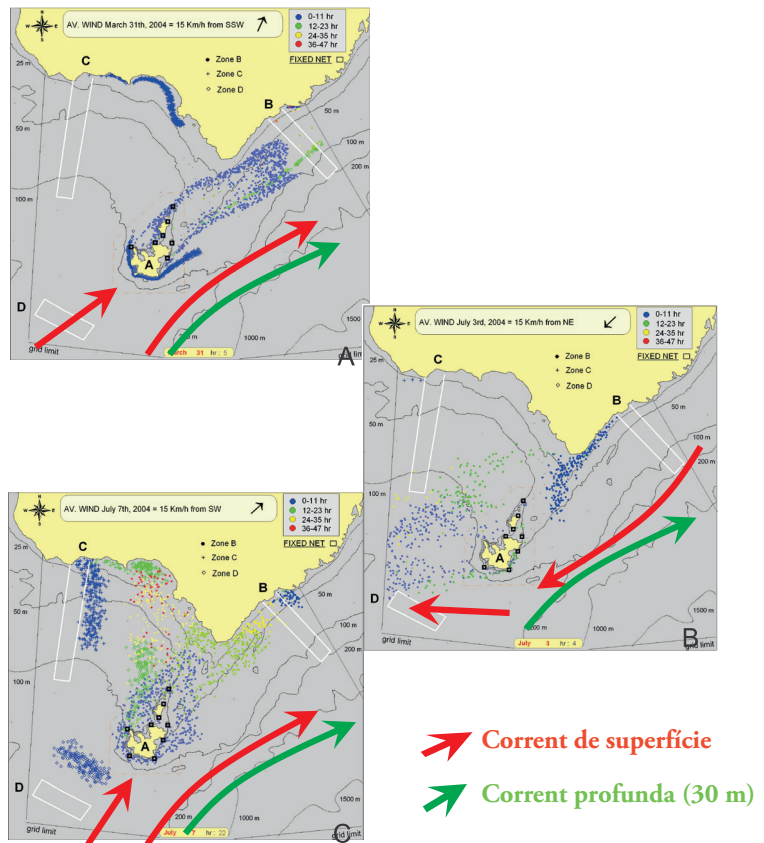


Figura 24. Direcció de les corrents principals a Cabrera durant les campanyes BIOMEX: a) Primavera 2004, campanya 2; b) i c) Estiu 2004, campanya 7 (de Crechriou *et al.*, 2010).

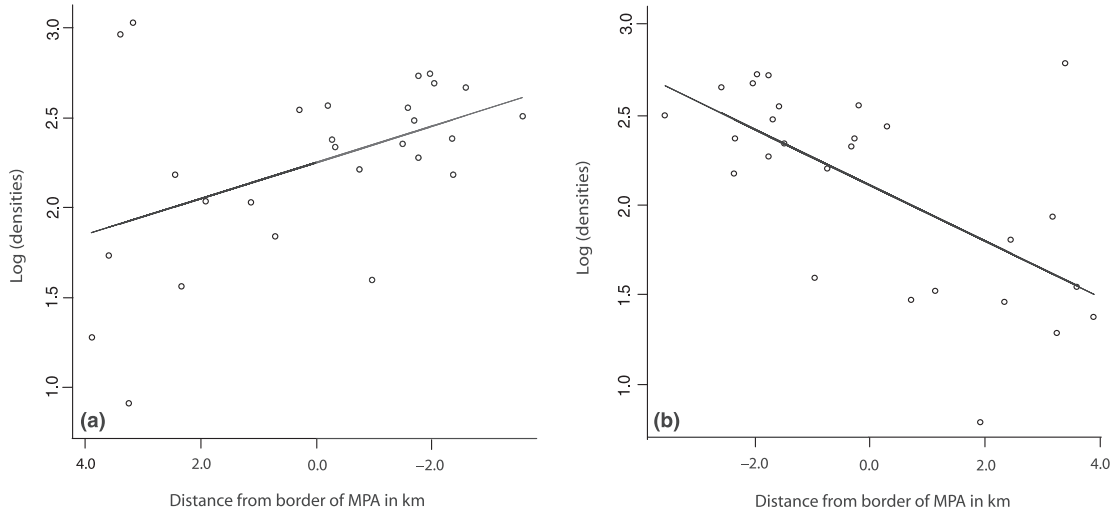


Figura 25. Tendències en l'abundància d'ous de *Coris julis* en relació amb la distància a les zones protegides del PNMTAC a les estacions situades a favor de corrent (a) i contra corrent (b). L'àrea gris indica estacions dins dels límits del Parc (de Crec'hriou *et al.*, 2010).

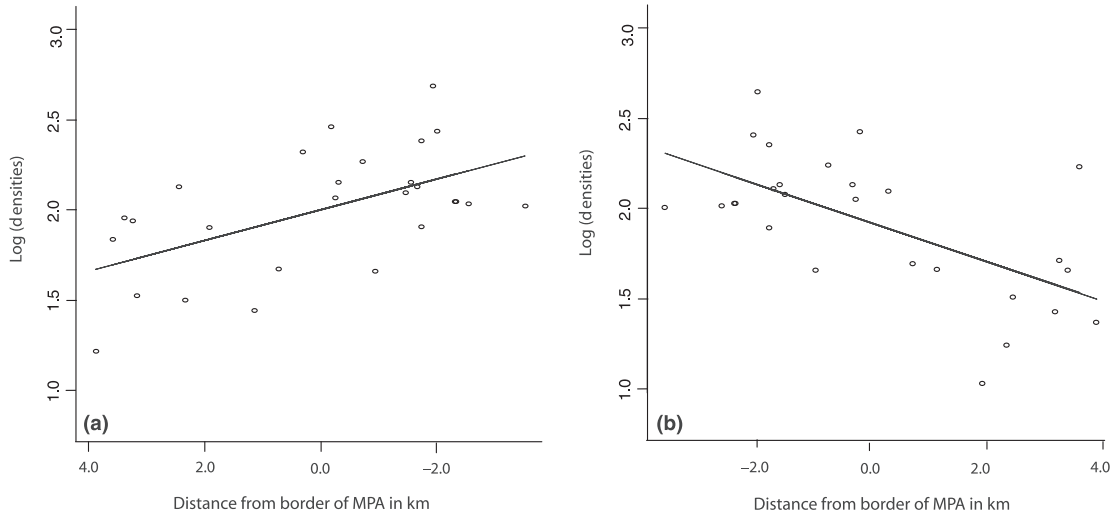


Figura 26. Tendències en l'abundància d'ous de *Epinephelus sp.* en relació amb la distància a les zones protegides del PNMTAC a les estacions situades a favor de corrent (a) i contra corrent (b). L'àrea gris indica estacions dins dels límits del Parc (de Crec'hriou *et al.*, 2010).

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

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

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

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

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

Projecte TALACA

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

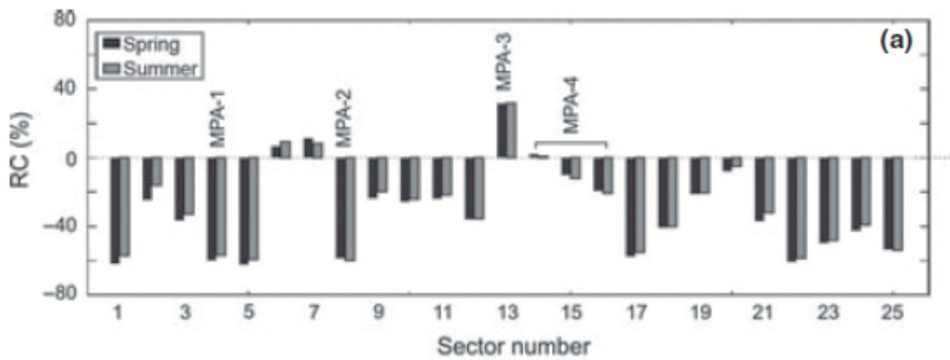


Figura 27. Percentatges de retenció (RC) de les distintes cel·les costaneres del projecte TALACA. El signe indica si el balanç entre exportació i reclutament és negatiu o positiu (de Basterretxea *et al.*, 2012).

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

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

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

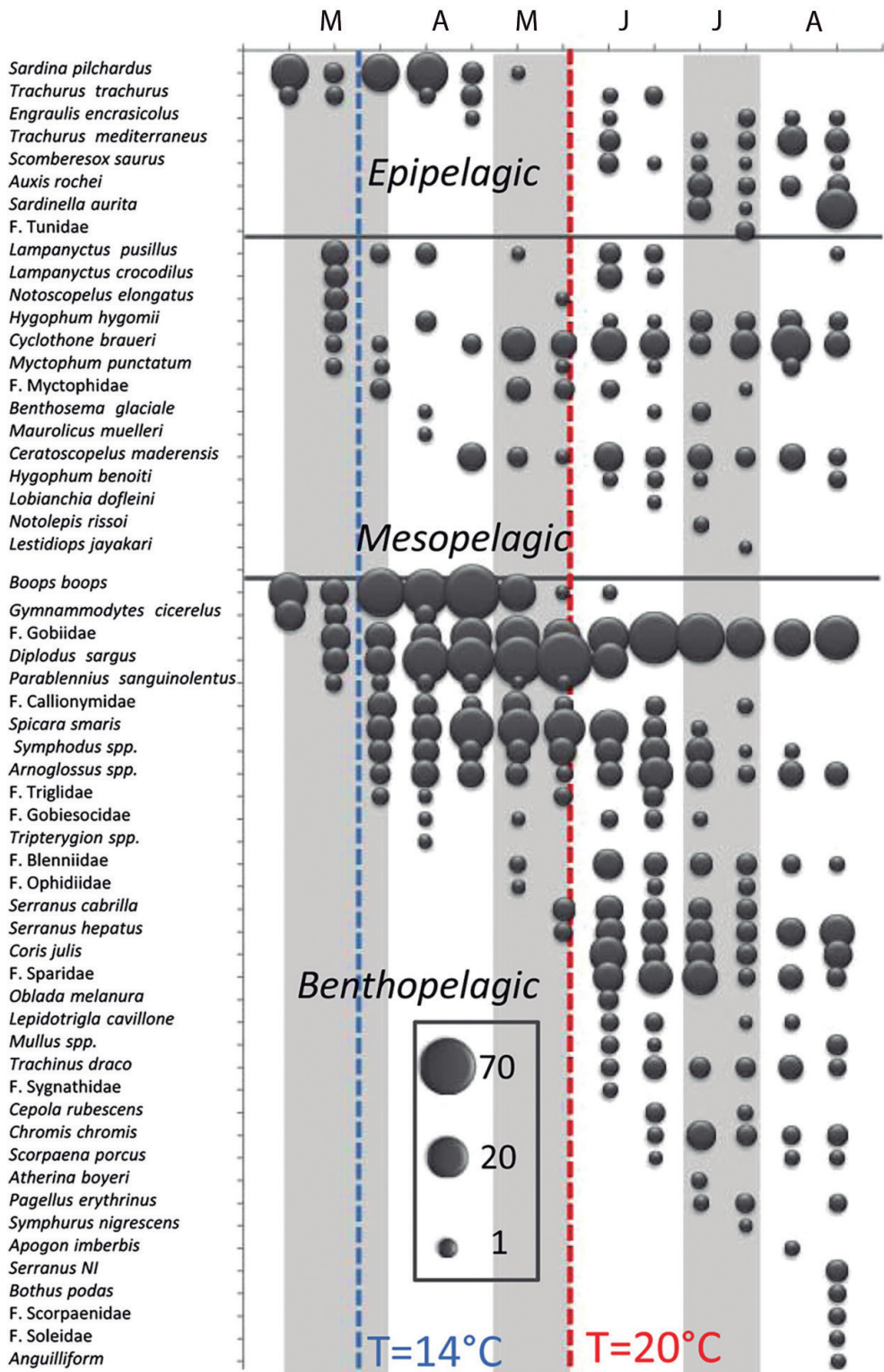


Figura 28. Abundància (ind. m⁻²) del taxons de larves de peixos identificats al marc del seguiment de comunitats ictioplànctòniques al PNMTAC realitzat al projecte TALACA. Els cercles són proporcionals a la quarta arrel de les abundàncies (de Álvarez *et al.*, 2012).

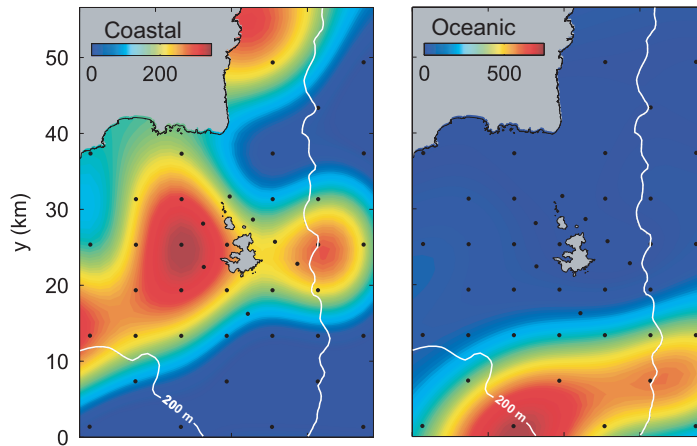


Figura 29. Distribució de les agrupacions O (oceànica) i C (costanera) definides a la campanya TALACA de juliol de 2007 (de Basterretxea *et al.*, 2013).

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

AGRAÏMENTS

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

REFERÈNCIES

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

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

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