



Contribució al coneixement dels Peracarida del Delta de l'Ebre


Lídia Delgado Garcia



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 3.0. Spain License.**



CONTRIBUCIÓ
AL CONEIXEMENT
DELS PERACARIDA
DEL DELTA DE L'EBRE

TESI DOCTORAL
2014
Lidia Delgado Garcia



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Facultat de Biologia
Departament de Biologia Animal
Programa de doctorat en Biodiversitat

CONTRIBUCIÓ AL CONEIXEMENT DELS PERACARIDA DEL DELTA DE L'EBRE

Memòria presentada per Lídia Delgado Garcia, realitzada sota la direcció dels Doctors Carles Ribera i Guillermo Guerao en el Departament de Biologia Animal per accedir al grau de Doctora per la Universitat de Barcelona.

Doctor Carles Ribera i Almerje

La Doctoranda

Director i tutor

Lídia Delgado i Garcia

Doctor Guillermo Guerao i Serra

Director

Barcelona, setembre 2014



UNIVERSITAT DE BARCELONA



CONTRIBUCIÓ AL CONEIXEMENT DELS PERACARIDA DEL DELTA DE L'EBRE

TESI DOCTORAL
Barcelona, Setembre 2014
Lidia Delgado Garcia

I si no tens resultats tindràs excuses, però d'excuses n'hi ha sempre

Carles Ribera

Als meus Pares que em van ensenyar a lluitar, a perdre i a guanyar

Als meus fills que m'han ensenyat a viure

Al Fortu que sempre hi és

AGRAÏMENTS

Primer de tot vull agrair als meus directors Carles Ribera i Guillermo Guerao tot el temps que han dedicat a aquesta tesi, tota la paciència que han tingut i tota la generositat que m'han demostrat en aquests (molts) anys, i també el rigor, la exigència, el «no-passar-me-ni-una.» Vull dir amb això que els errors d'aquesta tesi són meus, que soc tossuda i desobedient, i que els encerts són tots gràcies a ells.

Ara voldria explicar-vos com ha anat tot.

Semblava que aquesta tesi havia de ser eterna, però no. Res no és per sempre. La sort és que algunes coses poden durar més que un mateix, de manera que no veurem la seva fi. El començament és una altra cosa. L'inici és important, i l'inici d'aquesta tesi ve de lluny, de quan les meves professores de Ciències de l'Institut Maragall, van despertar el meu amor per la Biologia. Gràcies Marita Frau i Teresa Valls, veu ser les primeres en obrir-me la porta d'aquest Camí a Ítaca. No vull ser desagraïda amb altres professors i professores que vaig tenir , però no puc citar-los a tots en aquests dos fulls i mig així que salto directament al Departament de Zoologia (com es deia abans) de la Facultat de Biologia. Poc que m'ho pensava que l'ordre, els conceptes i els dibuixos tan clars que feia el doctor Gadea em serviren tant en la meva vida professional. Jo que mai no he pogut fer una llibreta neta i endreçada n'he fet fer un munt i cada cop que en corregia una particularment ben feta, pensava que era el Dr Gadea qui conduïa la mà d'aquell@ alumn@ aplicat.

Un dia en una classe de pràctiques vaig trencar una preparació d'un Sertulariidae, la professora no em va renyar, va dir simplement que no m'amoïnés que en faria una altra, va ser una gran lliçó que he posat en pràctica mil cops, Dra Gracia, dir fluixet, no passa res, no ho has fet volent fa que un alumne tabalot i maldestre es converteixi en un incondicional del laboratori.

Per fer baixar dels núvols a una criatura distreta no hi ha res com parlar dels grans cefalòpodes presa dels catxalots al fons marí, gràcies Dr Nadal, per ajudar-me a explicar la Biologia en Technicolor i gràcies a en Secundino Gallego, que

va ser per mi un gran professor, ja que parlo d'en Gallego, us explicaré que també va ser al Departament de Zoologia on vaig aprendre com és d'important treure l'alumnat fora de l'aula. Amb en Secundino i el Dr Nadal sortíem un cop per setmana a Vallvidrera a veure ocells i amb en Toni, la Marina en Carles i en Joan (li dèiem Johny), que en aquells moments no eren doctors ni doctora, anàvem cada dissabte! al museu de Zoologia del parc de la Ciutadella (al costat del Monumental). Aquesta estratègia també ha estat de gran utilitat en la meva professió.

Algú podria preguntar-me com és que no vaig fer el doctorat al departament en acabar la carrera, és fàcil de contestar: si la zoologia era i és la meva passió, l'ensenyament secundari era i ha sigut la meva vocació, de manera que vaig presentar-me a les opos i vaig començar la meva professió amb tot el que havia après aquí.

Després d'uns quants anys i algunes sotragades un bon dia vaig sentir que em faltava seguir aprenent i vaig tornar al Departament de:

Li Havien Canviat El Nom! Ara es deia Biologia Animal i estava ple d'uns professors i professores que no coneixia però que em van acollir tan bé com els que jo tenia en el meu record. Gracies, Marta per escoltar-me sempre, Xavier per les teves classes, Juli per respondre una vegada i una altra tots els dubtes que sorgien, Humbert per les converses i els ànims que m'has donat. Eduardo, Creu i Manuel «siempre nos quedara Blanes» Quan que vaig aprendre aquella setmana!

També hi havia un munt de gent jove que treballaven molt i bé que sempre estaven disposats a compartir els seus coneixements i que a demés trobaven moments per riure, berenar o fer una birriqui i em convidaven i em feien sentir-me una més entre ells, Kele,(ara Dr Arnedo) Gerardo, Gonzalo, Núria, Salvi, Carmeta, Sílvia, Palmira, Eva (érem «las intrepidas exploradoras i aventureras») i en Jordi, la Mercè la Fani, la Tana, la Leti i les noies de Canàries la Naira i la Núria. També aquelles i aquells que he tractat menys, Isa, Berta, Sergi, Alex Owen; tots heu estat sempre a punt per donar un cop de ma.

Amb els anys alguns han marxat, però no se'n van de la meva memòria i em sap greu pensar que no vaig saber demostrar-los la meva estima, Johny, Lluís, Mónica, no us oblidó.

Els companys més recents, la Laia , torna aviat que necessitem la teva alegria, i l'Enric moltes gràcies per la teva ajuda, per la teva intel·ligència i per la teva discreció, la Eli, tenim pendent una sortida, quasi podrien ser els meus nets!

Tots han estat uns bons companys i alguns són uns bons amics.

De fora del Departament també són molts els amics que m'han ajudat, dels Instituts on he treballat, Encarna, Creu, Marisa, Mercedes, Pasqual i Margarida, Montserrat, Miquel, Eugènia, Jorge, Caterina, Noemí, Francesc, els companys de la carrera, els amics que m'han donat suport. No vull fer-me pesada donant noms, són molts i segur que me'n faltaria algun però deixeu-me dir-ne uns pocs més Jordi i Neus, (amiga, moltes gràcies per tota una vida de bona companyia, pels teus suggeriments, pel teu exemple) També Esperança, i Anna, amigues que conservo de quan era petita. Nuri, Josep Maria i tots els amics que tinc a Vinebre, lloc on vaig començar a estimar «lo Riu» i parlant del Riu gràcies a tots els que veu ajudar en la cerca de mostres, Edu, Eduard, Anna que era petiteta però tenia tanta il·lusió com jo; mil gràcies Esteban Hernández et dec un sopar amb crustacis de quinze centímetres, també hi serà en Carlos San Vicente no me'n descuido. Gràcies als taxistes de Sant Carles i de l'Aldea, que costa de trobar bons professionals, amables i eficients.

Gràcies també a tots els que heu llegit, corregit i compaginat aquest treball sencer o a retalls que us he anat passant Edu , Eduard, Cristina i Enric.

Gràcies a la Doctora López-Fuster, moltes gràcies M José per la teva amabilitat i la teva ajuda, sense tu tot hagués sigut molt més difícil.

També gràcies als meu alumnat que confiaven en veure el final d'aquest treball i jo no els podia defraudar.

Per acabar com que he sigut mestra tota la vida soc reiterativa i reitero, Gràcies Guillermo i gràcies Carles sense vosaltres no existiria aquesta tesi.

Índex

1. INTRODUCCIÓ	pàg. 1
-----------------------------	--------

MARC GEOGRÀFIC

ELS SUBJECTES D'ESTUDI

Super Ordre Peracarida

Ordre Amphipoda

Ordre Mysida

2. OBJECTIUS	pàg. 45
---------------------------	---------

3. RESULTATS	pàg. 49
---------------------------	---------

Informe dels directors de tesi	pàg. 51
---	---------

Article 1	pàg. 55
------------------------	---------

Biology of the Mysid *Mesopodopsis slabberi*. Van Beneden, 1861 (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean).
L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera.

Article 2	pàg. 69
------------------------	---------

The Gammaridea (AMPHIPODA) fauna in a Mediterranean coastal lagoon: considerations on population structure and reproductive biology.
L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera.

Article 3	pàg. 101
------------------------	----------

Effects of different salinities on juvenile growth of *Gammarus aequicauda* (Malacostraca: Amphipoda).
L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera.

Article 4	pàg. 111
------------------------	----------

A record of the Mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (Crustacea: Mysida) from the Western Mediterranean, with A Complete morphological Description .
Carlos San Vicente, Lidia Delgado, Esteban Hernandez & Guillermo Guerao.

Article 5	pàg. 125
------------------------	----------

Population structure and life history of *Hemimysis lamornae mediterranea* (Malacostraca: Mysida) in the Ebro delta (NW Mediterranean).
L. Delgado, G. Guerao, C. San Vicente & C. Ribera.

4. DISCUSSIÓ	pàg. 139
---------------------------	----------

5. CONCLUSIONS	pàg. 149
-----------------------------	----------

6. REFERÈNCIES	pàg. 153
-----------------------------	----------

ANNEX	pàg. 177
--------------------	----------

1. INTRODUCCIÓ

1. INTRODUCCIÓ

Els deltes són ecosistemes particulars, la barreja d'aigües continentals i marines, dona lloc a fluctuacions ràpides i intenses dels factors fisicoquímics que provoquen una forta heterogeneïtat estacional i espacial. En conseqüència, les comunitats biòtiques presenten una variabilitat considerable d'abundància i diversitat específica (McLusky i Elliott, 2004).

D'altra banda, l'estructura i el funcionament dels deltes són el resultat de les variacions naturals i dels efectes humans, ja que aquests ecosistemes solen ser objecte de pressions antropogèniques importants com la pesca, les activitats portuàries, el dragatge, els conreus, i les descàrregues industrials (Aubry i Elliot, 2006).

Darrerament molts treballs (Ulanowicz, 1986; Baird et al., 1991; Baird i Ulanowicz, 1993; Pasquaud et al., 2007) es centren en les xarxes tròfiques com a eix per a la comprensió d'aquests ecosistemes. En el cas del Delta de l'Ebre l'estudi d'aquestes xarxes tròfiques es fa molt complicat per diverses raons, les dues més importants probablement són:

1- la pròpia estructura del Delta:

El Delta de l'Ebre és una zona amb una gran varietat d'aiguamolls, aigües costaneres poc profundes, platges de sorra i dunes, llacunes, zones portuàries, pantans, i basses d'aigua dolça alimentades per dolls d'aigües subterrànies (Valdemoro et al., 2007).

És un ambient d'alt impacte econòmic influenciat pel cultiu de l'arròs, pràctica agrícola que regula els cicles hidrològics del sistema. Aquest cultiu té un paper vital en la dinàmica biològica i la productivitat, induint períodes de dessalinització i salinització que estan invertits en comparació amb els estuaris naturals de la Mediterrània (Camp i Delgado, 1987; Menéndez i Comín, 2000; Menéndez et al., 2002).

2- el desconeixement de la biodiversitat aquàtica en general i dels Malacostraca en particular:

Desconeixem la biologia de majoria d'espècies de Malacostraca, les relacions característiques entre les poblacions, les espècies o els grups d'espècies (gremis d'alimentació, grups funcionals, eixams, etc). Desconeixem també el "Què", i el "Com": és a dir, les fonts de la matèria orgànica i el flux d'energia entre els components del sistema.

Val a dir, que tampoc són ben coneguts els factors que determinen la

presència i la distribució dels crustacis en el Delta de l'Ebre, donada la gran complexitat dels paràmetres biòtics i abiòtics de l'ecosistema. (Comín, 1982; 1984; Camp i Delgado, 1987; Menéndez i Comin, 2000; Menéndez et al., 2002). Alguns aspectes de la biodiversitat i l'estructura poblacional, han estat estudiats en algunes espècies (Chinchilla i Comín, 1977; Forés et al., 1986; Fusté, 1988, 1989) especialment en el cas dels Palemonidae (Malacostraca, Decapoda), en els que també s'han estudiat els hàbits alimentaris (Guerao et al., 1994; Guerao, 1995; Guerao i Ribera, 1995; Guerao i Abelló, 1996; Guerao i Ribera, 1996; Guerao i Ribera, 2000).

Concretament es té poca informació dels Peracarida del Delta de l'Ebre, i hi ha pocs treballs publicats sobre la seva biologia i ecologia (Chinchilla i Comín, 1977; Forés et al., 1986; Comín et al., 1990; San Vicente i Munilla, 2000; De Juan i Cartes, 2011). No hi ha informació publicada a part dels treballs que es presenten en aquesta memòria, referents a la dinàmica de les seves poblacions i les seves estratègies reproductives.

A la costa mediterrània de la península Ibèrica diferents autors estudien o han estudiat la biodiversitat de Peracarida (Riera, et al., 1991; Cartes i Sorbe, 1993; Conradi et al., 1995; San Vicente i Munilla, 2000; Barberá et al., 2000; De la Ossa et al., 2010, etc.). En altres zones similars de la Mediterrània els aspectes reproductius i poblacionals d'alguns ordres de Peracarida com els Amphipoda i Mysida són més coneguts. Autors com Macquart-Moulin (1965, 1976, 1978, 1984, 1993); Kevrekidis (1988, 2004); Prato i Biandolino (2005, 2006); Lejeune i Chevaldonné (2005); Casagrande (2006); Scito et al., (2007); Wittman (1981, 2001, 2004), i altres, han estudiat la diversitat d'espècies, la distribució i la variació de les poblacions en el temps i les estratègies reproductives de moltes espècies d'aquests ordres, ja que com tots els macro-invertebrats són un enllaç molt important en les xarxes tròfiques, afecten l'estabilitat del sediment i tenen un gran potencial d'estructuració de les comunitats de l'ecosistema.

Recentment (2013) la UNESCO ha designat com a nova reserva de la biosfera a les Terres de l'Ebre. Les reserves de la biosfera són llocs en què, s'apliquen pràctiques innovadores per conciliar l'activitat humana i la conservació del medi ambient. Aquestes activitats es concentren en ecosistemes particulars incloses les zones costaneres i marines. El programa sobre l'Home i la Biosfera que té com a principals objectius reduir la pèrdua de la biodiversitat i tractar els aspectes ecològics, socials i econòmics (Parcs Naturals, gencat.cat, 2009) hauria d'afavorir la recerca interdisciplinària. En l'àmbit de la biodiversitat, com s'ha exposat abans, hi ha molta feina a fer ja

que encara no es disposa d'un inventari rigorós de totes les espècies que habiten la zona del Delta de l'Ebre. Malgrat això, la societat està més interessada en el naixement d'una «Denominació d'Origen» i confia que aquesta nova marca internacional ajudi els sectors econòmics més importants de la zona (com l'agroindústria i el turisme). La biodiversitat i els aspectes ecològics sense repercussió econòmica directa a curt termini no interessien massa a la gran majoria de la població i menys encara a les persones amb responsabilitat en la presa de decisions. Però, per conservar la biodiversitat hi ha un primer pas imprescindible, bàsic i irrefutable: conèixer quines espècies habiten a la zona, com varien les seves poblacions en el temps i en l'espai, i quin paper tenen dins les relacions tròfiques de la comunitat.

Caldria completar un estudi exhaustiu de les diferents espècies en tots els diferents ambients del Delta, de l'estructura i la variació temporal de les poblacions, de les relacions de facilitació o competència... Un cop tractades aquestes qüestions és bàsic l'estudi de les relacions tròfiques en el sistema mitjançant models tròfics, anàlisi de contingut estomacal, isòtops estables i marcadors bioquímics, que permetria comprendre l'intercanvi de matèria en el sistema ecològic.

Platt i Denman (1978) defineixen l'estructura d'una comunitat d'espècies com el resultat de les interaccions tròfiques, per tant no podem obviar la identificació d'aquestes espècies, i un treball sistemàtic i complet és fa imprescindible.

MARC GEOGRÀFIC

Situació geogràfica

El Delta de l'Ebre es troba al NW de la conca mediterrània, al sud del Principat, entre les comarques del Montsià i del Baix Ebre ($40^{\circ}37'N$; $0^{\circ}36'E$). És la major zona humida de Catalunya, i una de les més importants de l'Europa Occidental, després del Parc Regional de la Camarga a França i el Parc Nacional De Doñana al sud de la península Ibèrica. Comprèn uns 320 km² dels quals un 20% són àrees naturals, un 75% és terreny conreable i la resta és zona urbana. S'hi practica l'agricultura, l'aqüicultura, la pesca i el turisme. (parcsnaturals, gencat.cat, 2009) Els camps d'arròs cobreixen unes 21.000 Hectàrees que representen el 99% de la producció de Catalunya (Franquet Bernis, 1995); aquest cultiu és potser l'activitat que influeix més en l'estat actual del Delta.

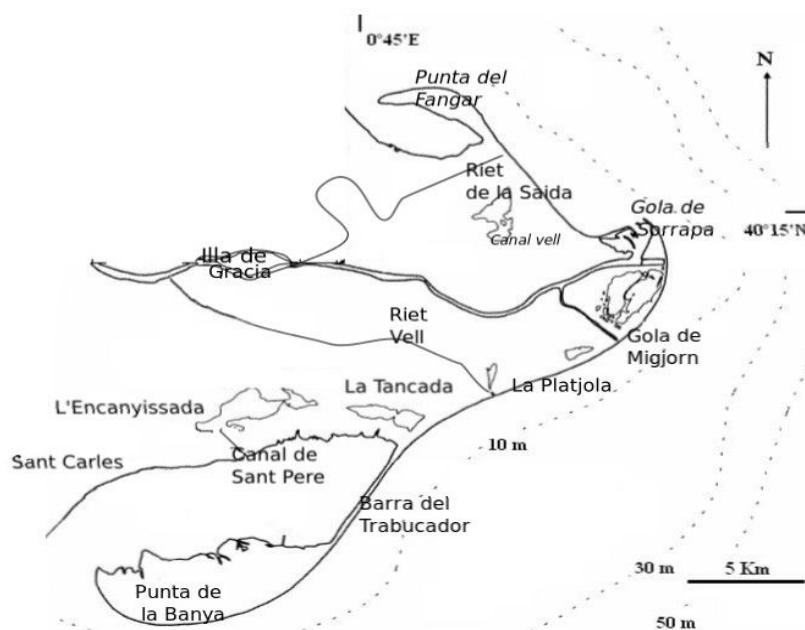


Fig. 1. Mapa del Delta de l'Ebre. Modificat de Comin, 1987

El Delta de l'Ebre es va declarar espai protegit el 1983. El 26 de juny de 1983 una mobilització popular a Deltebre, en contra de les dessecacions al Canal Vell, va aconseguir iniciar les negociacions entre Ajuntaments i

Generalitat que van finalitzar amb la publicació del Decret del Parc Natural del Delta de l'Ebre el 4 d'agost de 1983. En un primer moment només es van protegir els espais naturals del marge esquerre del riu. Dos anys més tard, el Decret 332/1986 va ampliar la protecció a les zones naturals del marge dret del Delta. (parcsnaturals, gencat.cat, 2009)

Evolució i morfologia del Delta de l'Ebre

El Delta de l'Ebre constitueix l'exemple de construcció deltaica més important de la península Ibèrica. A nivell de conca mediterrània es pot comparar amb els grans deltes del Roina, Po, Nil i Danubi. Segons Ibañez et al., 1997, els materials que formen el Delta, són detrítics, d'origen fluvial i es depositen un cop travessada la Serralada Prelitoral. Com a formació litoral és la més recent del país (<6000 anys). Les teories més modernes sobre la seva formació suggereixen que en l'Holocè superior el Delta era una formació que ja arribava a l'actual illa de Gràcia (Figura 1). A partir de 1500, la cartografia existent permet una bona reconstrucció de la seva evolució (Figura 2). En els segles VI i X, va tenir lloc el desenvolupament del Riet Vell, que forma el lòbul Sud i que va arribar fins a 25 km mar endins. Més tard el desenvolupament del lòbul Nord (el Riet de la Saida) va provocar l'abandonament del lòbul meridional i la formació de la punta de la Banya i la barra del Trabucador, istme de 5 km que uneix el nucli del Delta amb aquesta. Cap al 1700 un nou canvi, segurament provocat per l'ésser humà, va situar la desembocadura en el terme de La Cava, es va omplir la badia central, i va créixer un lòbul frontal. Els mapes dels segles XVIII-XIX mostren la ràpida progressió d'aquest, la formació de la punta del Fangar i la remodelació de la punta de la Banya (Figura 2).(parcsnaturals, gencat.cat, 2009)

En els darrers temps la morfologia del Delta ha estat determinada per dos fets: l'obertura l'any 1937 d'una nova desembocadura (gola de Sorrapa) i l'increment del nombre d'embassaments a la conca de l'Ebre. L'obertura de la gola de Sorrapa ha induït la formació de la llacuna del Garxall i els embassaments (uns 200 en tota la conca) provoquen per una banda la retenció de sediments i per l'altra la disminució de la freqüència i la magnitud de les riuades i la laminació de les avingudes fluvials. En aquestes condicions la dinàmica fluvial perd rellevància en la construcció del territori i prenen més importància els corrents i l'onatge marins. La manca d'acreció vertical contribueix a intensificar el procés de subsidència fent pujar el nivell del mar i afegint-hi l'efecte del canvi climàtic, es calcula que al 2100 l'augment pot ser d'entre 0,2 i 0,7m (Ibañez et al., 1997).

La profunditat mitjana del riu Ebre en la plana deltaica està entre 3 i 5 m, amb zones de pocs centímetres (desembocadura, barres emergides) i d'altres de fins a 8 m. L'amplada és de 160 a 380 m i presenta en l'actualitat tres desembocadures: la gola de Migjorn, pràcticament inactiva excepte en les fortes avingudes de la tardor, la gola de Llevant, obstruïda artificialment, i la gola de Sorrapa (Figura 1).

Evolución morfológica del Delta del Ebro

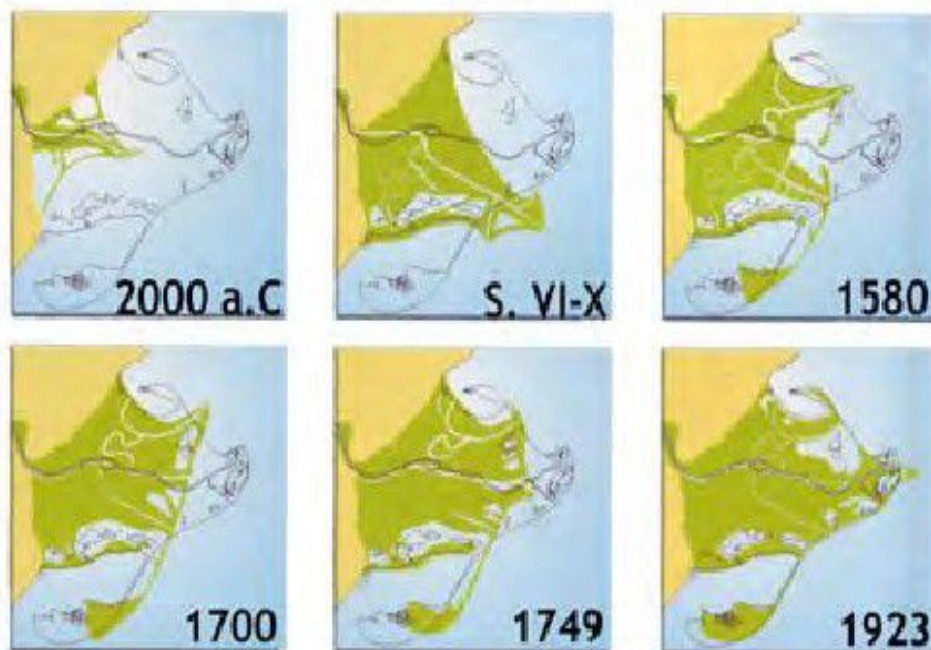


Fig. 2. Desenvolupament morfològic del Delta de l'Ebre (Autor: Antoni Canicio).

L'Ebre és un riu amb un cabal molt irregular, tant pel que fa a les variacions mensuals com les anuals. El cabal mitjà de l'Ebre, però, ha anat disminuint en les darreres dècades per efecte d'un augment del consum d'aigua a tota la conca. El cabal anual a Tortosa ha fluctuat entre 28.692 hm³ i 4.284 hm³ per any durant el període 1912-2001 presentant uns 12.729 hm³ per any de mitjana. Les fluctuacions del cabdal més fortes són al inici de la primavera, a l'estiu i a la tardor. El màxim de descàrrega d'aigua es dona al març pel desglaç de les neus del Pirineus i de les carenes limítrofes (parcsnaturals, gencat.cat, 2009).

La desembocadura de l'Ebre és, en realitat, un estuari, ja que la llera del riu, des de Tortosa fins a l'embocadura, està per sota del nivell de la mar. Per aquest motiu, en absència de descàrrega fluvial, l'aigua marina penetra riu

amunt fins a aquesta població. En l'actualitat la falca salina és com una llengua d'aigua salada que circula per sota de la capa d'aigua dolça i que segons el cabal del riu pot arribar fins a Migjorn ($Q < 350-250 \text{ m}^3/\text{s}$), fins a l'illa de Gràcia ($Q < 250-150 \text{ m}^3/\text{s}$) o fins a Amposta si $Q < 100 \text{ m}^3/\text{s}$ (Oficina catalana del canvi climàtic, 2008).

La pèrdua de descàrrega ha estat considerable aquests últims anys i amb l'aprovació del Pla Hidrològic de la conca de l'Ebre la situació pot esdevenir crítica. El pla fixa el cabal mínim que ha de tenir el riu en diversos trams. A l'altura de Tortosa està previst que sigui de 100 m^3 per segon és a dir un volum mínim de 3.100 hm^3 a l'any, amb aquest volum la falca salina arribaria més amunt de la Illa de Gràcia i la seva presència es mantindria a prop de 9 mesos de mitjana. Tant o més important és el problema de l'eutròfia, de la proliferació de fitoplàncton i de la conseqüent anòxia que pot produir la desaparició de la fauna i la vegetació aquàtiques (Ibañez i Prat, 2004).

Si els desastres deguts a la mala gestió de l'aigua en el passat recent (Mar d'Aral, delta del Nil, delta del Colorado) no són suficients per canviar la visió i la gestió que tenim els ciutadans i els nostres governants sobre el problema de l'aigua, l'actitud d' "Après moi le Déluge" que exhibim tots plegats pot conduir aquest país a un deteriorament del litoral irreversible.

Les llacunes costaneres de la Mediterrània comparteixen molts elements geogràfics, climàtics, i biològics. Unes més o menys paral·leles a la línia de costa es formen per l'obstrucció d'una badia, d'altres més aviat perpendiculars poden ser les restes d'un canal. És tracta d'extensions d'aigua que representen medis intermediaris entre el continent i la mar. Totes són de caràcter micro-mareal i ofereixen una gran varietat d'ecosistemes. (parcsnaturals, gencat.cat, 2009)

Les condicions climàtiques i hidrològiques locals produeixen una forta variabilitat en els paràmetres fisicoquímics, dels que potser el més decisiu per la biocenosi és el confinament, és a dir, el temps de renovació dels elements d'origen marí (Guélorget i Perthuisot, 1992). Aquest temps de renovació ve determinat per la salinitat mitjana i els gradients de salinitat que depenen de factors externs (climàtics), i interns (hidrodinàmics). Presenten condicions molt particulars de circulació que determinen sovint una anòxia en els sediments que es pot estendre a la làmina d'aigua lliure propera al fons. La sedimentació de matèria orgànica i carbonats està dominada per la forta activitat biològica del medi (parcsnaturals gencat.cat, 2009)

Segons Wolff (1983) les espècies que hi podem trobar en aquests tipus d'ecosistemes presenten diferents tipus d'adaptacions: capacitat de migració, capacitat de colonització, eurifàgia, osmoregulació fisiològica o etològica, entre d'altres. Tot plegat es tradueix en tres grups d'espècies més o menys ben representades en aquests ambients:

- Espècies cosmopolites transportades per vaixells i disseminades des dels llocs d'origen, sovint mars tropicals.
- Espècies pròpies d'estuaris i costes.
- Espècies diversificades segons la regió que formen poblacions i que es repeteixen, d'una manera més o menys homogènia (Sacchí i Occhipinti Ambrogi, 1992).

En el Delta de l'Ebre, a la ribera nord es troben situades les llacunes costaneres del Canal Vell, el Garxal i la bassa de les Olles, a l'Illa de Buda el Calaix Gran i el Calaix de Mar, a la ribera sud del riu l'Encanyissada, la Tancada, la Platjola i l'Alfacada (Figura 1). Totes estan caracteritzades per forts canvis de salinitat periòdics i no periòdics, i per una profunditat que mai sobrepassa els dos metres. És van formar per aïllament de l'albufera o la badia per barres litorals, posterior deposició de sediments dins de la llacuna i finalment desenvolupament d'una vegetació en el fons que proporciona un ambient reductor (Maldonado, 1977).

L'activitat humana, amb la construcció de la xarxa de canals de reg en 1859-1907 va modificar substancialment l'evolució natural de les llacunes del Delta de l'Ebre, a causa de l'aportació artificial d'aigua dolça provinent dels cultius d'arròs (Comin, 1984). El sistema de conreu d'aquest cereal al delta de l'Ebre és cíclic i anual. Des del mes d'abril fins al setembre (època de la collita de l'arròs), l'aigua dolça circula des del riu, passant per canals i séquies, fins als camps i desemboca a les llacunes litorals i d'aquestes a les Badies. Pel desembre es tanquen les comportes d'entrada i l'aigua queda estancada en camps i canals, on s'evapora durant l'hivern. Durant el mes de març els camps, un cop secs, es treballen i es preparen per la sembra, fins que tornen a inundar-se per l'abril i recomencen el cicle. D'aquesta manera, la dinàmica hidrològica al Delta de l'Ebre és inversa respecte als espais humits de la Mediterrània, on l'evaporació de l'estiu concentra les sals, en el Delta però, l'aportació d'aigua dolça en aquesta època fa que s'esdevingui el contrari. (Camp i Delgado, 1987; Menéndez i Comín, 2000; Menéndez *et al.*, 2002).

L'Encanyissada és la llacuna més gran de totes les del Delta de l'Ebre amb una superfície de poc més de 1.192 ha. La fondària màxima de la

llacuna és de 2 m i té un cinturó de vegetació helofítica considerable. Està dividida en dues cubetes i es comunica amb la badia dels Alfacs de manera natural pel canal de Sant Pere, (Figura 3) situat a la part occidental de la llacuna, d'un km de longitud i menys de 25 m d'amplada. Per aquest canal surt, normalment, l'aigua dolça cap a la mar de maig a desembre i entra aigua de mar cap a la llacuna de gener a maig. El flux d'aigua però, pot invertir-se independentment de l'època de l'any degut a un temporal o a una seixa. En aquesta llacuna es poden produir curts períodes d'estabilitat al llarg de l'any que permeten l'inici de successions estacionals (Comín, 1984).

Les badies dels Alfacs i del Fangar s'han format per l'aïllament d'una massa d'aigua marina per una fletxa litoral. Aquest aïllament no és total, ja que presenta connexions amb la mar. L'aigua d'origen marí es troba diluïda per les entrades d'aigua dolça, de manera que en situacions de calma es produeix una estratificació salina i tèrmica. L'aigua marina, d'una salinitat del 37-38‰, es troba a la part més profunda de la cubeta. En superfície, sura una massa d'aigua salabrosa de densitat més baixa. L'entrada més important d'aigua marina es realitza a través de les goles, i també pels forts temporals de llevant que sovint sobrepassen les fletxes litorals. L'aigua dolça té un origen més variable: precipitacions, aigües freàtiques, del riu i sobre tot de l'aigua del drenatge dels arrossars (parcsnaturals, gencat.cat, 2009).

Els temporals de llevant i els processos costaners tenen una gran importància en la morfologia del Delta.

Els temporals de llevant, estan provocats per un vent humit i fred que segons l'època de l'any i la situació en altura pot provocar nevades en cotes molt baixes, fins i tot al mes de març. A la costa, el llevant afecta especialment a l'estat de la mar, alçant un fort onatge, que pot provocar danys importants en platges i ports. No hi ha en la zona un desnivell mareal astronòmic notable, però sí es pot parlar de marees meteorològiques: Les seixes, són ones estacionàries en una acumulació d'aigua produïdes per alguna pertorbació atmosfèrica o sísmica que poden fer oscil·lar el nivell de la mar en més d'un metre en un curt període de temps. Són de magnitud i periodicitat aleatòria (Curcó, 2006).

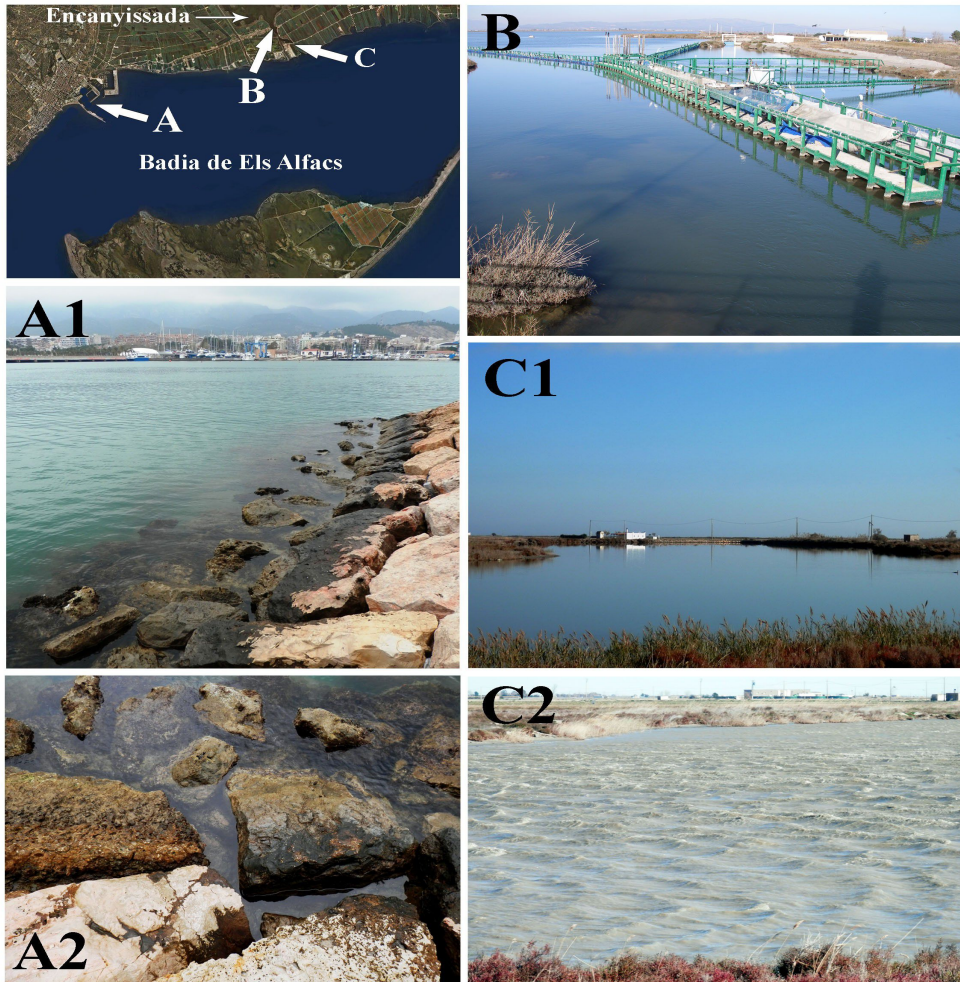


Fig. 3. Llocs de mostreig. A: Port de Sant Carles. B: L'Encanyissada. C: Canal de Sant Pere.

El corrent marí superficial general és cap el SW, resultat acumulatiu final de diversos corrents que actuen tot l'any. A la primavera i l'estiu és característica una inversió cap al NE en l'àrea del golf de Sant Jordi (Maldonado, 1972).

La temperatura mitjana de l'aigua de mar és 13°C al febrer, 25°C a l'agost en superfície i en profunditat, en la plataforma continental, 13°C i 16°C (Margalef i Herrera, 1964). Les badies, però presenten unes oscil·lacions més grans que la resta de la costa.

El Clima

La mitjana de temperatura, anual enregistrada a l'Aldea, és de 18°C, amb un mínim al gener de 9,5°C i una màxima al juliol-agost de 25,4°C (dades dels últims 27 anys publicades per l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2008). Les gelades són poc freqüents però ocasionalment la neu enfarina el Mont Caro i les aigües superficials de les llacunes arriben quasi a 0°C (Comín, 1981). Per la seva situació geogràfica, l'oscil·lació tèrmica en el Delta és baixa i la humitat, elevada. La humitat relativa és del 65 al 85 % amb freqüents boires matinals, amb mínims de 15 % a l'estiu i màxims de 79-85 % a l'hivern. Les precipitacions són molt variables segons el mes, els màxims es produeixen al setembre i octubre amb 70 i 80 mm i els mínims al juny i juliol amb 11 i 17 mm generalment hi ha dues èpoques anuals, tardor i primavera, amb fortes pluges, i la resta de l'any de molta sequera. (Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2008)

El règim de vents es caracteritza per les fortes ventades que originen les depressions atlàntiques a través de la vall de l'Ebre, són especialment presents de novembre a abril; són de component N o NO, ratxades, temperades, més aviat seques, ja que han deixat tota la humitat al seu pas per la península, en ocasions molt violentes, i s'anomenen "vent de dalt" (Figura 4), Tramuntana i Mestral, no massa forts en arribar al Delta, però en ocasions la seva velocitat pot arribar a superar els 100 km/h i afecten les terres properes al riu: Ports de Beseit i Delta. Tots dos vents de N i NO formen cordons de dunes sobre tot a les platges orientades al N.

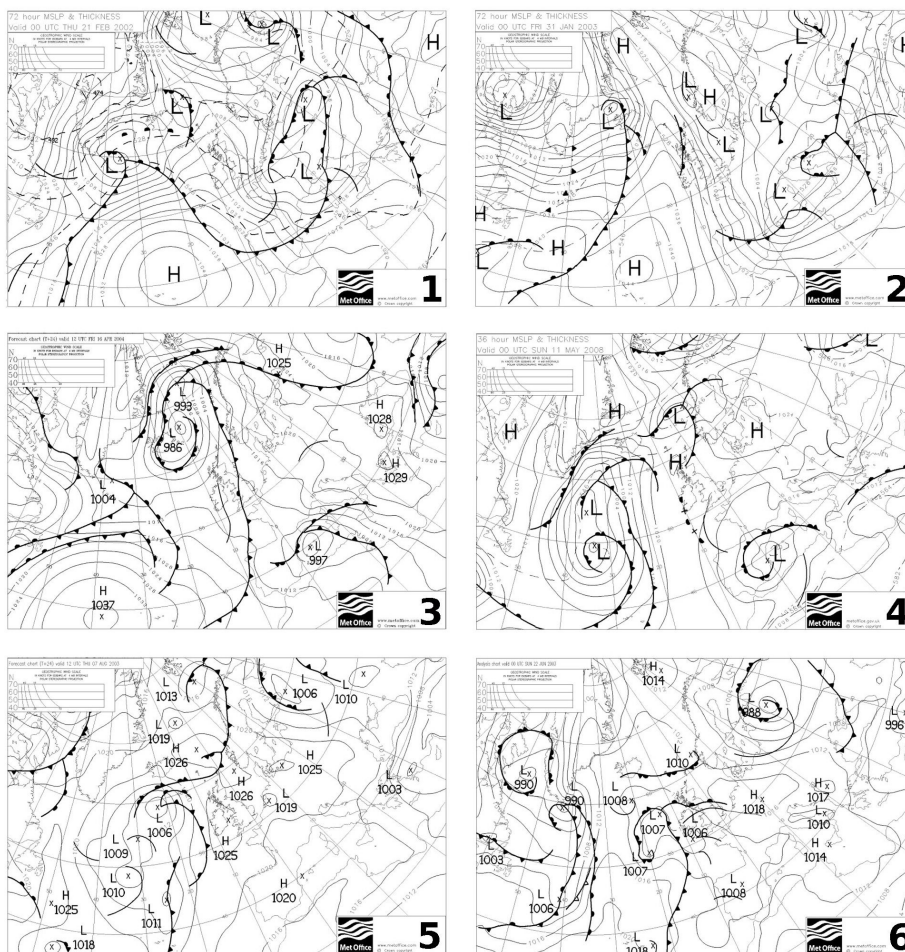


Fig. 4. 1 i 2: Situacions típiques de NO que provoquen fort vent de Mestral al Delta. 3 i 4: Situacions de temporal de Llevant (The Met Office, distribuïts per la NOAA).

La resta de l'any són característiques les "marinades o brises", produïdes pel major escalfament de la terra respecte de la mar. El règim de marinada s'estableix diàriament a conseqüència de la variació de la temperatura: el vent bufa de mar a terra a les hores de màxima insolació (Marinada) i la seva direcció s'inverteix, amb menor intensitat, durant el vespre i la nit (Terral).

El vent que origina bona part de les pluges del Delta és el de llevant que es forma en les baixes pressions sud-mediterrànies o en el cas de venir de l'E-NE, als Alps d'Itàlia. És el vent que origina els pitjors temporals. Les llevantades sovint trenquen la barra del Trabucador, istme de 5 km que uneix el nucli del Delta amb la península de la Banya (Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2008).

ELS SUBJECTES D'ESTUDI

No s'ha de menysprear l'estudi dels éssers vius més humils: en tot allò natural hi ha alguna cosa de meravellós.

Aristòtil.

Super Ordre Peracarida

Els Peracarida formen un grup extensament i ecològica molt rellevant que exploten una gran diversitat de recursos alimentaris: poden ser herbívors, filtradors, detritívors, carnívors i són un enllaç important en les xarxes tròfiques que tenen la seva base en els detritus orgànics (Mees *et al.*, 1995). Per altra banda, són aliment de nombrosos depredadors.

Es caracteritzen per la possessió d'un únic parell de maxil·lípedes (rarament 2-3), un parell de mandíbules amb un procés articulat en els adults anomenat lacínia mòbilis, i una closca cefàlica que es redueix sovint en mida i es fon o no amb els primers pereonites.

Els Peracarida són petits, menys de 2 cm, amb l'excepció de les espècies circumpolars, (com *Glyptonotus antarticus* Eights, 1852, Isòpode de 20 cm de longitud) i principalment són d'hàbitat marí o d'aigua dolça, amb poques espècies terrestres (Johnson *et al.*, 2001).

Formen part de la classe Malacostraca, paraula que prové del grec *malakos*, "tou" i *ostrakos*, "closca o petxina", possiblement, va ser usada per primera cop per Aristòtil per diferenciar aquests animals dels mol·luscs de closca dura.

Sistemàtica

La classe Malacostraca, Latreille, 1802, considerada per la majoria d'autors monofilètica (Hessler, 1983; Watling, 2000; Richter i Scholtz, 2001) inclou tres subclasses: Phyllocarida, Packard, 1879, Hoplocarida, Calman, 1904, i Eumalacostraca, Grobben, 1892 (Martin i Davis, 2001).

La subclasse Eumalacostraca es caracteritza per presentar el cos format per 19 somites+ acron + telson agrupats en tres tagmes: cèfalón (acron + 5) pereion (8) i pleon (6 + telson).

El superordre Peracarida és un grup molt divers amb més de 21.500 espècies, de les quals s'han triplicat les descripcions en els últims 20 anys (Poore, 2005).

Martin i Davis (2001) consideren que els Peracarida inclouen els següents ordres:

Ordre Spelaeogrifacea Gordon, 1957
Ordre Termosbaenacea Monod, 1927
Ordre Lophogastrida Sars, 1870
Ordre Mysida Hawort, 1825
Ordre Mictacea Bowman, Garner, Hessler, Iliffe & Sanders, 1985
Ordre Amphipoda Latreille, 1817
Ordre Isopoda Latreille, 1817
Ordre Tanaidacea Dana, 1949
Ordre Cumacea Krøyer, 1846
Ordre Pygocephalomorpha Beurlen, 1930 †

Els ordres Amphipoda i Isopoda, cadascun amb més de 5.000 espècies, són els més diversificats. L'ordre Pygocephalomorpha inclou espècies abundants durant el Carbonífer i que es van extingir al Permià.

La filogènia i sistemàtica dels grups han estat molt discutides i encara no estan resoltes. Hi ha treballs morfològics que suggereixen que els Peracarida constitueixen un grup monofilètic (Bowman i Abele, 1982), en canvi d'altres autors, han mostrat uns resultats compatibles amb la polifília del grup (Richter i Scholtz, 2001).

Schram (1986) proposa eliminar els Peracarida argumentant que les similituds entre els ordres són massa superficials. Per altra banda Pires (1987), Brusca i Brusca (1990), Wagner (1994), Hessler i Watling (1999), i Richter i Scholtz (2001) reconeixen el grup però difereixen en els ordres que inclou.

Els grups més controvertits són Mysida i Lophogastrida. Durant molt temps es va considerar que formaven part del mateix ordre (Mysidacea) ja que tenen diverses característiques comunes: presenten fàcies carioide, amb ulls compostos i pedunculats i tenen una closca, que cobreix la major part del tòrax, però no es fusiona amb els últims segments toràcics, posseeixen pereopodis birramis ben desenvolupats (per nedar) i vano caudal, també tenen un comportament similar, formen eixams i presenten similituds en l'estructura de l'intestí anterior (Hessler, 1983)

La idea de l'origen polifilètic dels Mysidacea va ser defensada per Watling que, en 1999, va suggerir retirar els Mysida del superordre i va proposar per Amphipoda un estatus separat. Wagner (1994) considera Amphipoda i Isopoda un grup molt proper que, amb Cumacea i Tanaidacea formen un grup monofilètic i germà dels Mysida i Lophogastrida.

Poore (2005) defensa la monofília de Mysida, grup germà de Lophogastrida i tots dos Peracarida, també defensa Amphipoda i Isopoda

com a grups germans igual que Cumacea i Tanaidacea possiblement més emparentats amb aquests últims.

A més, l'ordre Mysida també ha estat qüestionat, amb el suggeriment d'eliminar-ne dues famílies, Lepidomysidae i Stygiomysidae, per formar l'ordre Stygiomysida (K. Meland i E. Willassen, 2007)

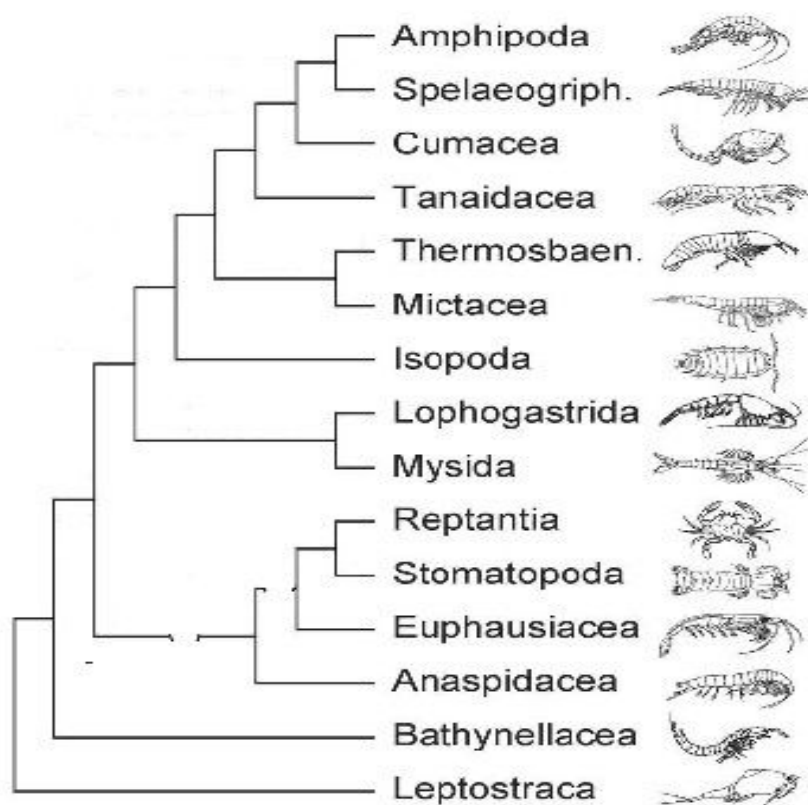


Fig. 5. Arbre filogenètic de Malacostraca (modificat segons Jenner, 2009).

Biologia reproductiva

La gran majoria de Peracarida són gonocòrics , encara que hi ha espècies hermafrodites com el Tanaidacea *Apseudes hermaphroditicus* Lang, 1953 (Sastry, 1983) i intersexes (Charniaux-Cotton i Payen, 1985), la determinació del sexe ve donada per factors genètics i ambientals. Els factors ambientals que intervenen en la determinació del sexe són, la temperatura, el fotoperíode i el parasitisme que sovint feminitza els individus (Johnson *et al.*, 2001) en aquests cassos la sex-ràtio pot ser molt diferent d'1. Quan la determinació del sexe és cromosòmica sovint n'hi intervenen un parell; el sexe heterogamètic pot ser el mascle o la femella depenent de l'espècie, també es dona determinació sexual per al·lelomorfisme múltiple amb la presència de tres tipus de fenotips per al mascle en *Paracerceis sculpta*, Holmes, 1904 (Isopoda) (Shuster i Sassaman, 1997).

En el dimorfisme sexual juga un paper rellevant la glàndula androgènica del tracte reproductor masculí ja que les seves secrecions són necessàries per la diferenciació de les estructures sexuals masculines, com els pleopodis en Mysidacea o els gnatopodis en Amphipoda i l'aparició d'òrgans sensorials especialitzats (calceoli, aestheatacs). En tots els ordres els endites coxals toràcics de les femelles presenten unes plaques planes i primes (oostegites), que formen una bossa ventral o marsupi (Brusca i Brusca, 2002) amb la excepció dels Thermosbaenacea, en els quals la part dorsal de la closca s'utilitza com a cambra incubadora. Aquestes plaques aviat apareixen en les femelles joves, en forma de petites protuberàncies ventrals a les coxes dels pereopodis que esdevindran els oostegites, després de la muda ovígera, de manera que és fàcil distingir les femelles joves dels altres individus de la població. Els oostegites estan normalment associats amb els pereopodis, però es poden formar petits oostegites en la coxa dels segons o tercers maxil·lípedes. En Cumacea aquests oostegites estan formats pels endites de les coxes de l'últim parell maxil·lípedes i primers tres parells pereopodis. En Tanaidacea i Amphipoda es troben del segon al cinquè parells de pereopodis. En Isopoda del segon al cinquè o sisè parells de pereopodis. En Mysida podem trobar dos, tres o set parells d'oostegites. Cal assenyalar que la homologia dels oostegites dels diferents ordres de Peracarida ha estat qüestionada per Watling (1999).

APARELLAMENT I FECUNDACIÓ

El reconeixement entre el mascle i la femella madurs és du a terme, probablement, mitjançant feromones que les femelles vessen amb l'orina i

que els mascles reconeixen amb les estructures olfactivas de les antenes (cal·linofors, calceoli, aesthetascs, pinzells que apareixen en el mascle adult) (Johnson *et al.*, 2001).

L'aparellament implica sovint llargs períodes en què els mascles mantenen i custodien les femelles abans de la còpula, la muda reproductiva està precedida, en moltes espècies, per un període de relació precopulatòria, de diversos dies a diverses setmanes, durant el qual el mascle porta la femella agafant-la amb els seus gnatopodis als marges dels segons segments toràcics d'aquesta. Aquesta subjecció, sovint facilitada per osques especials en les plaques coxals de la femella, (Borrowsky 1984), pot ser tan tenaç que la parella no es pot separar sense lesió (Smallwood, 1905; Blegvad, 1922). Alguns Peracarida s'aparellen en breus enllaços nocturns, i altres, com els gèneres *Monocorophium* i *Erihthonius* (Amphipoda) en els tubs on viu la femella. (Johnson *et al.*, 2001)

Els Mysida s'aparellen quasi sempre en superfície. La parella s'uneix de nit, durant un breu moment, (Nair, 1939; Clutter, i Theilacker, 1971;) sovint associat a les agregacions de cria (Mauchline, 1970). Aparentment l'atractiu químic és molt important en aquest grup i funciona per cada espècie per separat, quan dues espècies es troben en el mateix lloc (tanc de laboratori o medi natural) cada mascle respon únicament a les femelles de la seva espècie (Johnson *et al.*, 2001).

En la majoria dels Peracarida l'ovulació segueix ràpidament a la còpula. Els Amphipoda i els Mysida depositen els ous de cada ovari en una matriu gelatinosa dins del marsupi (Moore, 1981a), que està tancada per una estructura membranosa secretada per glàndules associades amb l'ovari (Shedler i Chia, 1970; Moore, 1981a). Segons Kinne (1955) aquesta estructura reté els espermatozous en el marsupi i evita que siguin arrossegats abans de la fertilització.

En general el desenvolupament es du a terme en el marsupi matern, no hi ha cap larva de vida lliure encara que en alguns ordres (Isopoda, Mictacea) l'individu que surt del marsupi té un parell d'apèndix menys que l'adult i rep el nom de "manca", s'assembla molt a la forma adulta, però es distingeix per l'absència de l'últim parell de pereopodis. Els Mysida presenten dos estadis larvaris lecitotròfics intramarsupials.

CICLE REPRODUCTOR I DESENVOLUPAMENT EMBRIONARI

Els cicles reproductors més ben coneguts són els de les espècies d'Amphipoda, Isopoda i Mysida d'aigües temperades i litorals. Steele i Steele

(1975) Morino (1978), Walter, N. (1980), Van Dolah i Bird (1980) Mauchline (1980) Wittman (1982, 1984) Sainte-Marie (1991). descriuen la biologia reproductiva i els cicles de vida d'aquests ordres de Peracarida.

En Amphipoda i en Mysida el nombre de generacions per any i el nombre de postes successives per femella disminueixen en augmentar la latitud i el període reproductiu s'escurça i es concentra cada vegada més en els mesos més càlids. Els individus d'aquests grups solen tenir una generació hivernal i una o més generacions entre primavera i tardor. En espècies boreals i polars és més probable que els cicles siguin llargs amb una única posta a l'any. Per contra, en les espècies de zones temperades i càlides els cicles tendeixen a ser curts, i produeixen moltes postes (Johnson *et al.*, 2001). En els tròpics els cicles solen ser molt ràpids, per exemple *Melita zeylanica* Stebbing, 1904 (Amphipoda) dels llacs salobres a l'Índia, madura en menys de 30 dies i pot produir fins a 22 postes per any, a intervals de només 8 dies (Krishnan i John, 1974).

Moltes espècies de Mysida i Amphipoda presenten successives postes i les mudes després de la maduresa sexual no comporten canvis en el marsupi, però les espècies que presenten estat de repòs reproductiu, conserven els oostegites tot i que redueixen les setes marginals en les mudes entre postes. Alguns Peracarida mostren un parell d'oostegites separats formant dos marsupis o un parell d'ovisacs com Tanaidacea, d'altres com els Isopoda i alguns Amphipoda, han desenvolupat cambres d'incubació internes (Johnson *et al.*, 2001).

El desenvolupament dels Peracarida segueix l'esquema de tots els Malacostraca, tot i que es du a terme dins del marsupi amb estadis larvaris, molt modificats o inexistents (Johnson *et al.*, 2001). Dins el marsupi per superar els diferents estadis larvaris els individus sovint muden tres cops (Needham, 1942; Naylor, 1955; Stromberavusg, 1967; Holdich, 1968; Fish S., 1970; Jones i Naylor, 1971). Les tres mudes inclouen la pèrdua de la membrana de l'ou, una muda postnaupliar i la ecdisis just abans de l'alliberament del marsupi. En la majoria Amphipoda no hi ha estadis larvaris, de l'ou en surt un juvenil similar a l'adult, sense les característiques que determinen el sexe. Les excepcions a aquesta norma es troben en els generes d'Hyperida *Eupronoe*, *Phronima* i *Streetsia* que presenten el pereopodis reduïts o absents en el moment de néixer (Sheader, 1996).

Més enllà de la protecció atorgada pel marsupi la femella pot dur a terme una manipulació limitada dels ous o els joves amb els seus pereopodis

(Wittmann, 1981; Johnson i Attramadal, 1982) com per exemple evitar que alguns caiguin (Crocker, 1968; Wittmann, 1978; Borowsky, 1983; Shillaker i Moore, 1987; Sheader, 1996), l'atenció de la femella sembla limitada a regular els moviments dels oostegites en tots els grups principals per millorar la circulació de l'aigua en el marsupi i així proporcionar una ventilació adequada per als embrions en desenvolupament. La nutrició dels embrions prové del vitel sense més contribució materna, encara que Johnson i Attramadal (1982) expliquen que les femelles de *Tanais dulongi* vessen una quantitat considerable de vitel a través dels gonòporus poc abans d'alliberar les cries en estadi de manca, de manera que les cries poden alimentar-se abans de sortir del marsupi.

Algunes femelles de Mysida, Amphipoda i Tanaidacea ajuden els juvenils a abandonar el marsupi amb els pereopodis (Skogsberg i Vansell, 1928; Wittmann, 1978) amb l'urosoma (Sheader, 1977), o obrint els oostegites (Nair, 1939; Bockle-Ramirez, 1965; Bregazzi, 1972). Després de la sortida del marsupi en algunes espècies les femelles encara transporten els joves, o els mantenen dins dels tubs on viuen (Thiel, 1997). Entre els Mysida poden donar-se cassos d'adopció (Wittmann, 1984).

La membrana vitel·lina té molt baixa permeabilitat a l'aigua i a les sals i la bossa d'incubació pot proporcionar un control osmòtic, si més no en algunes espècies. Els gèneres *Orchestia* i *Mysticotalitrus* (Amphipoda,) secreten orina isosmòtica amb l'hemolimfa directament al marsupi a través de canals cuticulars (Morritt i Spicer, 1996, 1999; Morritt i Richardson, 1998) per esmorteir les baixes salinitats fins que les cries desenvolupen les capacitats osmoregulatòries pròpies. No obstant això, Sheader (1983) va demostrar per *Gammarus duebeni* sota condicions de temperatures o salinitats extremes poden perdre la prole sencera. Els estudis de laboratori demostren que ous aïllats de Mysida presenten una mortalitat atribuïble a salinitats severes (Vlasblom i Elgershuizen, 1977; Greenwood *et al.*, 1989). La gran variabilitat en les taxes de mortalitat de cria registrades en diferents espècies pot ser deguda a factors ambientals (Heath i Khazaeli, 1985).

En moltes espècies la mortalitat en el desenvolupament intramarsupial és poc important, però hi ha excepcions:

- Els paràsits poden causar mortalitat en tot el contingut del marsupi.
- La mortalitat dels embrions progressiva en successius estats de desenvolupament, que de vegades, s'aproxima al 40% de tota la posta. Les causes d'aquesta mortalitat, són poc conegudes. El gran augment en el volum dels embrions durant el desenvolupament podria ser causa de

l'expulsió o aixafament d'alguns individus (Jancke, 1926), però no hi ha cap indicació que es tracti d'un fenomen generalitzat.

La majoria d'espècies de Peracarida tenen ous de 0,3 a 0,8 mm de diàmetre, encara que en espècies polars o d'aigües profundes es poden trobar ous amb una mida superior a 2,0 mm. Els ous més petits s'han trobat en Cumacea i Tanaidacea (0,15 mm de diàmetre). (Johnson *et al.*, 2001). Val a dir que les diferències de mida assenyalades en una mateixa població són importants Mauchline (1973) (Steele i Steele, 1975c; Van Dolah i Bird, 1980; Moore, 1981). descriuen una tendència a produir ous més grans a l'hivern en Mysida i Amphipoda

El número d'ous més habitual és de 10 a 75 (Johnson *et al.*, 2001). Les femelles grans tendeixen a tenir un número d'ous més elevat, per tant els Peracarida més fecunds són els d'ambients polars i batipelàgics, per exemple els gèneres *Gammaracanthus* (Amphipoda) i *Glyptonotus* (Isopoda) encara que alguns Isopoda presenten pocs ous inusualment grans. Per exemple l'enorme *Bathynomus giganteus* transporta només uns 30 ous. (Johnson *et al.*, 2001). També el número d'ous per posta pot ser diferent a les diferents estacions de l'any, per a femelles d'una mateixa talla en Mysida (Mauchline, 1980; Wittmann, 1984; Wooldridge, 1986; Astthorsson, 1987; Johnston i Northcote, 1989; Fenton, 1994), en Amphipoda (Kolding i Fenchel, 1981; Moore, 1981b; Shearer, 1983; Hiwatari i Kajihara, 1984; Skadsheim, 1984b; Dauvin, 1988c; Powell, 1992; Beare i Moore, 1998b), i l en Isopoda (Kroer, 1989).

La temperatura, el diàmetre de l'ou i la salinitat, afecten el temps d'incubació. La temperatura explica gran part de la variació latitudinal i estacional en el temps de desenvolupament que pot oscil·lar entre 96 h en *Mesopodopsis orientalis*, Mysida d'aigües tropicals, fins a més d'un any per a moltes espècies polars o d'aigües profundes com per exemple l'Isopoda *Ceratoserolis trilobitoides* (Wägele, 1987).

Ordre Amphipoda

Els Amphipoda són un grup de Peracarida que es reconeixen fàcilment per la seva forma comprimida. La forma de "C" característica de la major part, es deu a l'estructura laminar de les seves coxes. Tanmateix, existeixen nombroses variacions d'aquest esquema, amb espècies o grups de forma cilíndrica o deprimida. En general existeix un ampli rang de variacions entre els diferents grups.

Els Amphipoda juguen un paper important en l'estabilitat del sediment i en l'estructura de les comunitats bentòniques (Mills, 1969), suprabentòniques i també en les xarxes tròfiques d'aquests ecosistemes (Brook, 1977; Robertson i Mann, 1980). Poden ser herbívors, carnívors, detritívors o omnívors. En molts casos, ajuden a la descomposició d'animals i plantes. Entre els Hyperidae, *Phronima sp.* menja l'interior dels Thaliacea (Tunicats) modelant la túnica que queda com una bóta utilitzada com a cambra de incubació (Laval, 1968; Lowry i Springthorpe, 2001). *Dikerogammarus villosus* Sowinsky, 1894 es un gran depredador (Dick i Platvoet, 2002, 2009) com també *Jassa marmorata* Holmes, 1905 que tot i que viu en tubs de seda i detritus, treu mig cos fora del tub per vigilar la sortida d'altres amfípodes tubícoles i capturar-los (Baeza-Rojano *et al.*, 2010; Guerra-Garcia *et al.*, 2011).

Molts dels Amphipoda considerats herbívors s'alimenten en realitat del perifiton, micro-algues i protozous adherits al substrat. Són part important de les piràmides tròfiques, com a detritívors ajuden a tancar el cicle de la matèria i en ser molt resistents a la contaminació, són en part responsables de la bioacumulació.

Fins avui s'han descrit unes 5000 espècies: Bousfield, (1978), va calcular que amb la proporció actual d'exploració i descripció n'hi pot haver més de 25,000.

Tot i que, hi ha pocs restes fòssils de Amphipoda descrits, Bousfield (1982) i Bousfield i Poinar (1994) van suggerir que l'origen d'aquests Peracarida data del Carbonífer. Woodward (1870) va interpretar el fòssil del Silurià *Necrogammarus* com un Amphipoda però Selden (1986) va demostrar que era un espècimen incomplet d'Eurypterida (Chelicerata), abans, Bate (1859) va descriure *Palaeocrangon*, fòssil del permia com a Amphipoda, però va resultar ser un fòssil d'Isopoda (Glaessner, 1957). Recentment, Alonso *et al.* (2000) van trobar el registre fòssil d'un amfípode del Cretaci inferior. No obstant això, Vonk i Schram (2007) van demostrar que aquestes inclusions en ambre del Aptià/Albiense són, de fet, restes de Tanaidacea, i no d'Amphipoda. Tot just fa un any (Mc Menamin *et al.*, 2013) s'ha descrit un Amphipoda gegant, *Rosagammarus minichiellus* trobat a Nye Country, Nevada, en una roca calcària del Triàsic fa 170 Ma. De tota manera la majoria dels registres fòssils d'Amphipoda trobats són de l'Eocè i Oligocè i provenen de peces d'ambre de 30 a 50 Ma. Tots els espècimens, excepte dos representants de Talitridae terrestres (Bousfield i Poinar, 1994, 1995), són de membres aquàtics de les famílies Crangonyctidae (Zaddach, 1864; Just,

1974; Coleman i Myers, 2001; Jazdzewski i Kulicka, 2000 2002; Coleman, 2004, 2006; Weitschat *et al.*, 2010) i Niphargidae (Coleman i Myers, 2001; Coleman i Ruffo, 2002).

Característiques morfològiques

Segons Peck i Chapelle (2003) la mida dels Amphipoda està limitada per la disponibilitat d'oxigen dissolt en el medi. La majoria són petits, (5-15 mm), tot i que les espècies d'alta mar, sobretot en ambients molt freds poden arribar a més de 25 cm de llargada, com *Alicella gigantea* Chevreux, 1899 de les planes abissals de l'oceà Atlàntic i Pacífic (Laurens Barnard i Ingram, 1986). La mida més petita és d'un mil·límetre (Wolff, 1969).

Els Amphipoda no tenen closca, per tant els pereonites i els pleonites són visibles. (Figura 7)

El cèfalon presenta ulls compostos i sèssils que de vegades es redueixen o no existeixen (Smith i Whitman, 1999.). Els dos parells d'antenes estan ben desenvolupades. L'antènula presenta un peduncle de tres podòmers, un flagell multiarticulat i porta a vegades un flagell accessori. L'antena presenta un peduncle de cinc podòmers i un flagell multiarticulat. Sovint són de la mateixa mida, però poden presentar variacions, per exemple en el gènere *Corophium* tenir o no setes, espines, esdevenir molt gruixudes, determina el dimorfisme sexual de l'espècie.

L'antènula com és comú en els crustacis porta òrgans quimiorceptors, els aesthetascs; En algunes famílies és característic el calceoli en l'antena, de funció químic i mecànoreceptora (Lincoln i Hurley, 1981).

El labre, està dividit en dues parts; el superior generalment té una forma arrodonida senzilla, bilobada i finament setosa en el marge distal. L'inferior envolta la vora posterior de la boca, és bàsicament laminar, simètric, bilobulat i porta fines sedes en els marges distals.

Les mandíbules presenten, un procés incisiu, la lacínia mobilis, una fila d'espines, un procés molar i sovint un palp amb tres artells. La forma de les mandíbules i sobretot l'estructura microscòpica del procés molar té molta relació amb la dieta d'aquests organismes.

Les maxíl·lules o maxil·les 1, quart apèndix del cèfalon consisteixen en un segment basal amb dos endites i un petit palp. Les maxil·les 2 són l'apèndix bucal més petit i consta de un segment basal i dos endites. Els maxil·lípedes, representen els apèndixs molt modificats del primer segment del perèon (que està fusionat al cèfalon), i són els apèndix bucal més grans. Presenten un secció basal (coxa, basis) amb un palp de fins a 5 segments (ischium,

merus, carpus, propodus, dactylus) . El desenvolupament, la mida, el nombre de segments, les espines i sedes que presenten aquests apèndix són importants caràcters taxonòmics. (Jimeno, 1993)

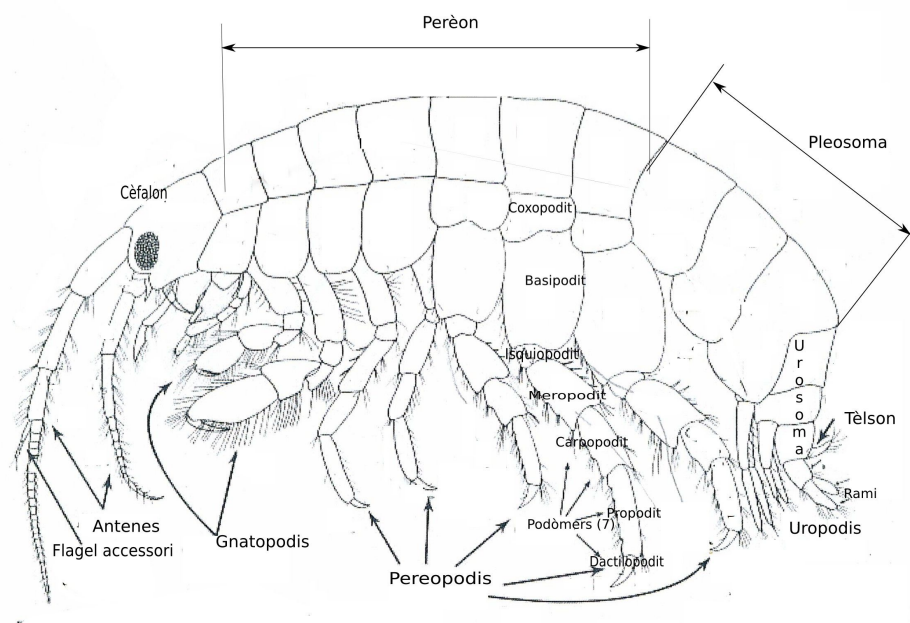


Fig. 7. Morfologia externa de *Gammarus aequicauda*. (Modificat de Barnard, 1953).

El perèon està format per 8 segments (somites), el primer fusionat al cèfalon i els 7 següents amb plaques coxals que estan més o menys desenvolupades segons l'espècie. Els pereopodis són unirramis; del primer al quart dirigits cap endavant, i del cinquè al setè a l'inrevés. Cada pereopodi està compost per set podòmers el primer (la coxa) fusionat al cos forma la placa coxal (Figura 7).

Els primers pereopodis, i sovint els segons, es diferencien com gnatopodis, molt diversificats que presenten urpes, de funció prènsil: poden ser simples, subquelats, paraquelats, meroquelats, carpoquelats, propopoquelats, depenent de l'estructura i posició dels segments distals.

Les brànquies estan situades a la cara interna de les plaques coxals 2-6 o 2-7. En el cas de les femelles, els pereopodis porten els oostegites. Els oostegites estan formats per làmines còncaues i setoses que determinen una

cambrà incubadora o marsupi.

El plèon està format per sis somites (pleonites), i està subdividit en dues regions: pleosoma i urosoma, que es diferencien per la forma dels seus apèndixs (pleopodis). Els pleopodis estan formats per un peduncle i dues branques aplanades (endopodi i exopodi) que en moure's permeten la natació i la circulació d'un corrent d'aigua a les brànquies i al marsupi de la femella. Els últims tres parells són els uropodis, sovint birramis, amb dues branques que poden ser estiliformes. El telson, lliure, no fusionat, té una mida relativament petita i no forma vano caudal (Lowry i Springthorpe, 2001).

Els Amphipoda es troben pràcticament en tots els hàbitats aquàtics del món. Molts són marins però unes 1200 espècies es troben en aigua dolça o salobre, gairebé 100 espècies són semi-terrestres o terrestres (Wade *et al.*, 2004, Lowry i Springthorpe, 2010 Crustacea.net). La majoria són bentònics però molts, poden nedar. N'hi ha, especialment els Caprellidea, que poden enfilarse per roques, algues i altres estructures. Alguns construeixen tubs amb dues obertures: els Corophiidae, i altres famílies poden formar veritables colònies en petits tubs fabricats amb seda que segreguen d'unes glàndules situades en el tercer i quart pereopodis, aquests tubs són reforçats amb fang o material divers com detritus, algues i petites closques. *Erichthonius brasiliensis* Dana, 1853 construeix el tub doblegant els fil·lidis de l'alga *Halimeda* sp, Lamouroux, 1816 (Sotka *et al.*, 1989). El túnel pot ser horitzontal, vertical o en forma de U i és suficientment gran per que l'animal pugui donar la volta dins i entrar i sortir per les dues bandes (Tanakaa *et al.*, 2003). En *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853 el mascle i la femella poden compartir el tub en el temps de l'aparellament (Borowsky, 1980). Els individus del gènere *Cerapus* poden transportar els seus tubs quan les condicions són adverses (Myers i Lowry, 2003) Nombroses espècies s'han adaptat a un tipus de vida planctònic (Hyperidea, Lyssianasoidea, etc.) i d'altres són comensals de diferents organismes com *Melita ophiocola* que és comensal d'*Ophionereis schayeri* (Lowry i Springthorpe, 2005) també se'n troben en macroalgues flotants com *Paramphitoe femorata* Kroyer, 1845 i *Bircenna fulva* Chilton, 1884 en *Macrocystis* sp. (Hinojosa *et al.*, 2007). Alguns grups presenten espècies d'hàbits subterranis, ja sigui en llacunes o rierols de caveres, o aigües freàtiques, (Al voltant de 750 espècies en 160 gèneres i 30 famílies són troglobis). Les formes oceàniques que es troben a la columna d'aigua com els Hyperidae, viuen associades al zooplàncton

gelatinós, com tunicats, sifonòfors i ctenòfors colonials, durant part del seu cicle de vida (Harbison *et al.*, 1977).

Poques espècies d'Amphipoda són paràsits d'altres animals, amb l'excepció de la família Cyamidae (polls de les balenes). Són Amphipoda dorsoventralment aplanats, i tenen urpes fortes i grans, que els permeten adherir-se als mamífers marins amb els que estableixen relacions específiques.

Algunes espècies són bones indicadores de la qualitat de l'aigua; per exemple, en l'estret de Gibraltar, *Phtisica marina* Slabber, 1769 suporta altes concentracions de matèria orgànica i valors d'hidrodinamisme elevats, mentre que *Caprella santosrosai* Sánchez-Moyano, *et al.*, 1995 és més sensible a la contaminació (Guerra-Garcia *et al.*, 2004). La resistència a la contaminació sembla més elevada en les espècies tubícoles i en la família Corophiidae Leach, 1814 hi ha una certa tolerància diferencial entre els seus generes en quant a la contaminació i a les condicions de concentració d'oxigen (De la Osa-Carretero, 2012).

Biologia reproductiva

En moltes espècies la maduresa reproductiva del mascle comporta un desenvolupament dels receptors químics de les antenes que fan possible el reconeixement de la femella fèrtil. L'aparellament comença en moltes espècies amb la prensió per part del mascle de la femella (de mida sempre més petita) a punt de mudar; és el denominat amplexus que pot durar més de 24 hores. El mascle es col·loca sobre la femella, l'agafa amb el segon parell de gnatopodis (Johnson, 2001) neden junts fins que la femella muda. L'esperma és depositat als oostegites on s'obre el conducte genital de la femella i aquesta hi diposita els ous que són fecundats. Si la captura produeix la mort de la femella, el mascle la devora. En gèneres que construeixen tubs la còpula pot tenir lloc dins del tub de la femella on el mascle hi roman poc temps o fins i tot mesos com *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853 (Myers, 1971)

En general, la mida de la femella està correlacionada positivament amb la fecunditat, com és freqüent en la majoria d'espècies de Peracarida. Els embrions més grans apareixen després de períodes de disponibilitat alimentària alta. Les femelles joves no porten embrions grans, i la variació en la mida i en la quantitat dels embrions es dona a partir d'una certa mida de les femelles que poden canviar la seva estratègia reproductiva segons la condició fisiològica i/o la supervivència juvenil d'aquesta forma l'esforç

reproductiu s'optimitza en aquestes femelles.

Dels ous surt directament una forma juvenil, que en algunes espècies roman un curt període de temps dins del marsupi o dins del tub de la femella, i completa el seu desenvolupament. Els Amphipoda passen a través d'un nombre d'estadis juvenils durant els quals els sexes són indistingibles. La femella, en general, produeix petits oostegites a la sisena o setena muda i els òvuls comencen a desenvolupar-se en els ovaris. En el mascle els gnatopodis sovint augmenten la seva mida quan arriba la maduresa sexual. Les espècies de zones temperades solen viure al voltant d'un any (Smith, 2001), encara que s'han descrit espècies subterrànies que en poden viure 5 o 6, (Covich *et al.*, 2001).

Classificació

L'ordre Amphipoda es va classificar fins a principis de segle en 4 subordres (Martin i Davis, 2001): Gammaridea Latreille, 1802; Caprellidea Leach, 1814, Hyperiidea Milne Edwards, 1830; Ingolfiellidea Hansen, 1903.

Lowry i Myers (2013) proposen la següent classificació:

Ordre Amphipoda Latreille, 1816

Subordre Senticaudata Lowry i Myers, 2013

Subordre Ingolfiellidea Hansen, 1903

Subordre Hyperiidea Milne Edwards, 1830

El subordre Senticaudata es divideix en sis infraordres:

infraordre Carangoliopsida Bousfield, 1977

infraordre Talitrida Rafinesque, 1815

infraordre Hadziida S. Karaman, 1943

infraordre Corophiida Leach, 1814 (sensu Lowry i Myers, 2013)

infraordre Bogidiellida Hertzog, 1936

infraordre Gammarida Latreille, 1802

Espècies estudiades

En l'article "The (Amphipoda) fauna in a mediterranean coastal lagoon: considerations on population structure and reproductive biology" es va seguir la classificació de Martin i Davis (2001), ja citada en la classificació de Peracarida. Per tant, les tres espècies estudiades eren classificades dins el subordre Gammaridea. En aquesta part de la memòria, actualitzem la classificació del clade seguint a Lowry i Myers (2013).

***Monocorophium insidiosum* Crawford, 1937**

Infraordre Corophiida, Leach 1814 (sensu Lowry i Myers 2013)

Família Corophiidae Leach, 1814

Subfamília Corophiinae Leach, 1814

Gènere *Monocorophium* Bousfield and Hoover, 1997

DESCRIPCIÓ

Amphipoda deprimat que mesura aproximadament 7 mm i és comú en àrees d'aigües tèrboles on pot aconseguir altes densitats (Figura 8) (NIMPIS,214). L'antena 2, és molt robusta en el mascle que també presenta un rostre llarg, acabat en punta, projectat clarament per davant dels lòbuls laterals del cap. En les femelles el rostre és petit i triangular i les antenes, tot i ser desiguals, no presenten una diferència tan gran com en els mascles. El dàctil del segon gnatópodi té tres dents a la punta. El tercer somite del plèon té un procés en forma de gep curt a la vora del darrere. Els tres somites de l'urosoma estan fosos. El exopodi de l'uropodi 2 té un llom ben dibuixat a la vora exterior (Ruffo, 1982).

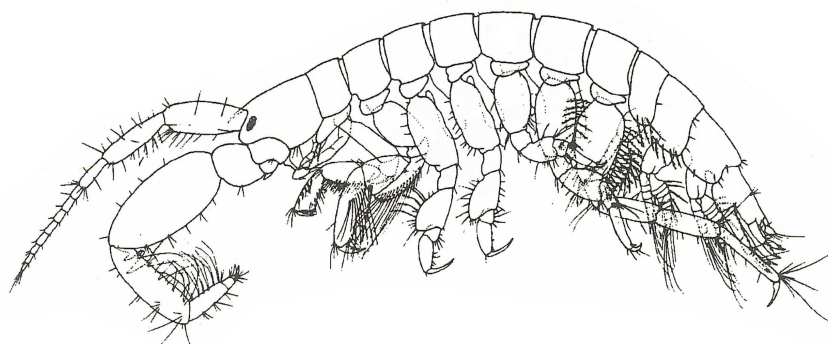


Fig. 8. *Monocorophium insidiosum* mascle adult (segons Bousfield, 1973)

HABITAT I DISTRIBUCIÓ

Aquesta espècie es troba en aigües estuarines amb salinitats al voltant de 15 psu en zones en sediments de fang o entre algues, hidroides o vegetals aquàtics tipus *Rupia sp* on construeix tubs de seda, reforçats amb filaments d'algues o detritus (Figura 9). Formen part de la dieta de cefalòpodes, ocells aquàtic, alevins i altres crustacis. Tolera contaminacions orgàniques elevades i forma part del Fouling, per la qual cosa és d'àmplia distribució i ha estat trobat a les costes Atlàntiques d'Amèrica i d'Europa, a la mar Bàltica a la Mediterrània a la mar Negra, al Japó i a Austràlia.

ALIMENTACIÓ

Omnívor; filtrador que s'alimenta de bacteris en partícules de sediment o de detritus en suspensió, de matèria orgànica procedent d'algues, fitoplàncton i rotífers (Nair i Anger, 1979). Els pleopodis generen corrents d'aigua, cap endavant i l'aliment arriba fins als apèndix bucal. Els juvenils també s'alimenten de petites partícules i d'éssers unicel·lulars.

REPRODUCCIÓ I CREIXEMENT

Cada femella produeix sovint dues generacions a l'any, amb més d'una cohort per generació, i de 3-7 postes al llarg de la seva vida aproximadament 7 mesos a un any. La producció d'ous està connectada amb un ritme semilunar (Sheader, 1978). El nombre d'ous transportats per les femelles per posta varia de 5-40. Tola un ampli rang de temperatures (5-30°C), que influencien el cicle reproductor. En regions més fredes (p. e. Anglaterra), l'activitat reproductora és estacional, en regions més càlides (p. e. Mediterrània) és continua tot l'any. La temperatura elevada redueix l'esperança de vida, l'edat i la mida de la maduresa. També resisteix un ampli marge de salinitats de 10 a 33 psu (Nair i Anger, 1979).



Fig.9. Tubs de seda, reforçats amb filaments d'algues i detritus

***Gammarus aequicauda* Martynov 1931**

Infraordre Gammarida Latreille, 1802 (sensu Lowry i Myers 2013)

Família Gammaridae Leach, 1814

Gènere *Gammarus* Fabricius, 1775

DESCRIPCIÓ

Amphipoda comprimit, amb la típica forma de "C" que mesura aproximadament 10 mm i és comú en àrees d'aigües salobres on pot ser abundant.

Cap amb lòbuls cefàlics laterals curts; ulls reniformes moderadament grans; A1 poc setosa mes curta que la meitat del cos, flagel accessori amb 7-9 artells; A2 prima, presenten calceoli. Segments del perèon i plèon llisos, els de l'urosoma una mica elevats, i comprimits amb grups d'espines que formen un rengle medià i un dorsolateral. Coxes, excepte la quarta, tan llargues com amples amb setes marginals curtes. El primer gnatopodi, en el mascle, és més prim i petit que el segon, tots dos amb carpus curt, propodus oval i palma obliqua amb espines. Uropodis amb espines i setes als marges i tèlson amb dos lòbuls que presenten setes i espines (Ruffo, 1982).(Figura 10)

HABITAT I DISTRIBUCIÓ

Espècie freqüent en aigües salabroses i llacunes costaneres, nedant entre la vegetació o desplaçant-se per damunt del sediment; Formen part de la dieta de cefalòpodes, ocells aquàtic, alevins i altres crustacis. Tolerà amplis marges de salinitat i de temperatura. Citat en tota la Mar Mediterrània la Mar Negra i les costes Nord atlàntiques.

ALIMENTACIÓ

Omnívor s'alimenta d'algues, i de microorganismes epífits, també de cadàvers i matèria orgànica en descomposició.

REPRODUCCIÓ I CREIXEMENT

Com tots els Peracarida estudiats en aquests treballs *Gammarus aequicauda* és una espècie iteròpara i multivoltina. Poden presentar dues generacions per any i fins a tres cohorts en la generació d'hivern-primavera. La talla de les femelles està relacionada amb el nombre d'ous de la posta que pot arribar a ser de més de 70 (Kevecridis. i Koukouras, 1988). Aquesta espècie és eurihalina i euriterma. El creixement òptim es troba entre 5 i 34 psu i a 18°C, en aquestes condicions la femella arriba a la maduresa sexual en 42 dies.

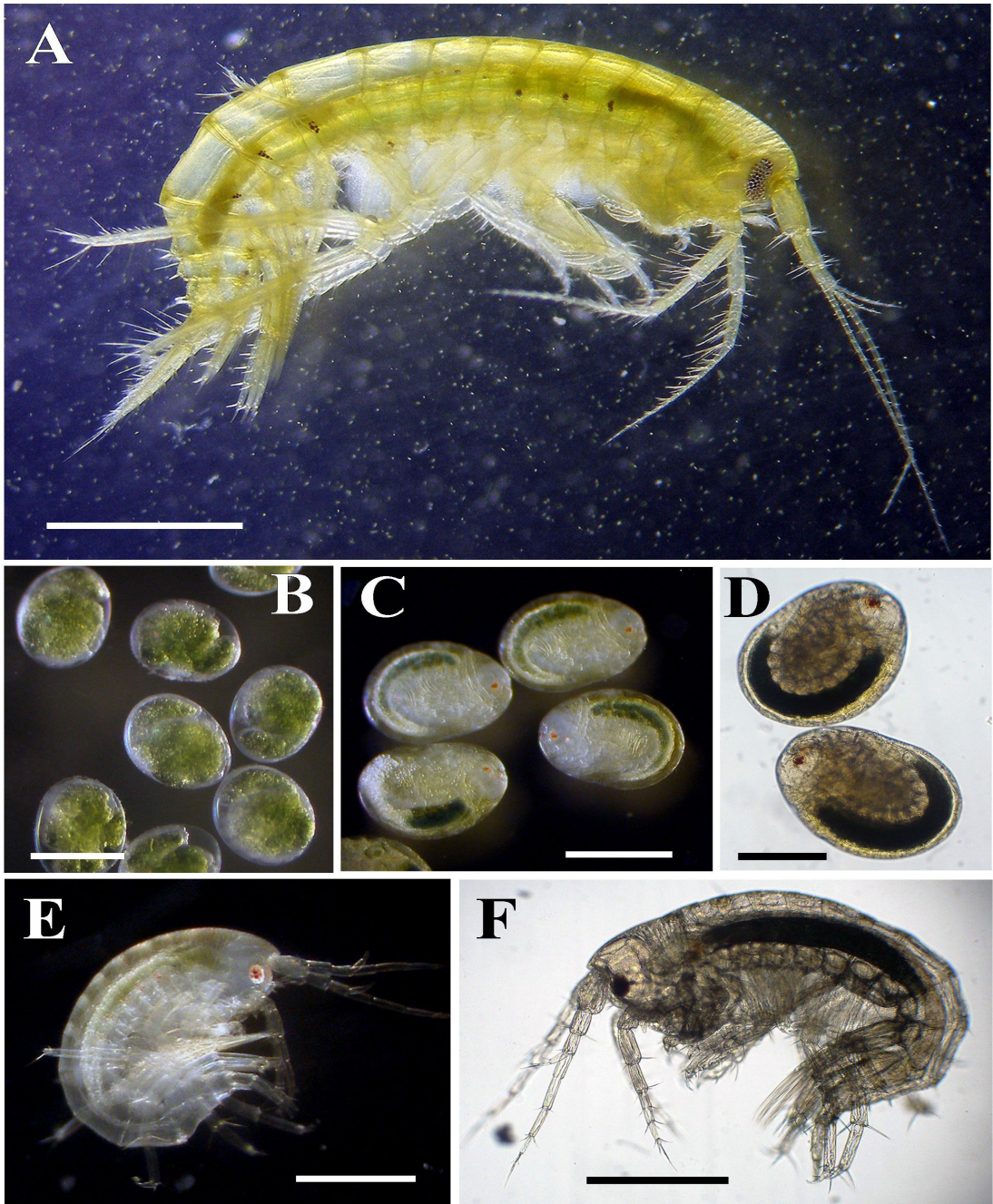


Fig. 10. *Gammarus aequicauda* Martynov, 1931. A, adult male; B C i D, embryos; E i F, juvenils. Escales: A= 2 mm; B-D= 0,6 mm; E i F= 0,2 mm.

***Ericthonius brasiliensis* Bate, 1857**

Infraordre Corophiida (sensu Lowry i Myers, 2013)

Família Ischyroceridae Stebbing, 1899

Subfamília Ischyrocerinae Stebbing, 1899

Gènere *Ericthonius* Bate, 1857

DESCRIPCIÓ

Amphipoda deprimat que mesura aproximadament 7 mm. Lòbuls cefàlics laterals subtriangulars; antena 2 una mica més llarga que la 1, amb un flagel accessori diminut; palp mandibular trisegmentat; coxes curtes en sèrie, quasi no es toquen, la primera més petita que la resta; segon gnatopodi del mascle més llarg i robust que el primer, carpoquelat. En la femella tots dos gnatopodis són subquelats. El carpus del segon gnatopodi és més curt que el propodus; el carpus del 5e pereopodi és petit i reniforme; el dactilus del 5e i 6e amb espines al marge anterior; l'uropodi 2 és birrami; l'uropodi 3 és unirrami. El tèlson és carnós amb files de ganxos i petits denticles (Ruffo, 1982) (Figura 11 i 12).

HÀBITAT I DISTRIBUCIÓ

Espècie cosmopolita, en aigües marines i salobres tropicals i temperades (Griffiths, 1973). Comú en estuaris i ports. Forma part de la dieta de cefalòpodes, ocells aquàtics, alevins i altres crustacis. Construeix tubs de seda. Tolera contaminacions orgàniques elevades i forma part del "Fouling". Igual que *Monocorophium* construeix tubs amb seda i detritus o cargolant fil·loides d'algues.

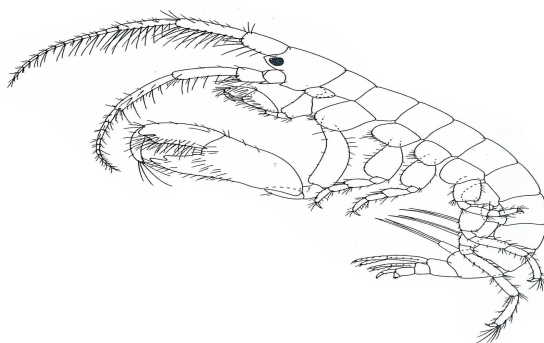


Fig.11.

Ericthonius brasiliensis, mascle adult (segons Myers, 1982)

ALIMENTACIÓ

Filtrador.

REPRODUCCIÓ I CREIXEMENT

La talla de les femelles està relacionada amb el número d'ous de cada posta que pot arribar a ser de més de 25 ous. La talla mitjana de la femella adulta és de 5 mm. L'activitat reproductiva és continua durant tot l'any però en la primavera i la tardor presenta màxims notables



Fig. 12. *Ericthonius brasiliensis*. Mascle i femella adults

Ordre Mysida

La majoria d'espècies de Mysida fan entre 5 i 25 mm de llargada i es consideren d'hàbitat intermedi entre mesozooplanctònic i endobentònic. Quasi totes les espècies costaneres realitzen migracions verticals, ascendint i dispersant-se en la columna d'aigua durant la nit i retornant a aigua més profunda a l'alba (Mauchline, 1980; Murano, 1999). Aquest comportament s'ha descrit fins i tot en les espècies batipelàgiques i les bentòniques que es refugien en la sorra. Aquest patró nocturn és més evident durant períodes de reproducció, i els joves que deixen el marsupi l'aprofiten per dispersar-se. Les espècies litorals de vegades es desplacen a aigua més profunda a la tardor, retornen a la costa a la primavera o estiu i poden també introduir-se en els estuaris (Jumars, 2007) Aquests moviments entre l'estuari pròpiament dit i zones costaneres veïnes podrien suggerir patrons estacionals i respondre a variacions en les condicions ambientals (Hesthagen, 1973).

Unes quantes espècies durant el dia es recolzen en algues o en pedres; només unes poques espècies s'enterren en el sediment, com espècies del gènere *Gastrosaccus* Norman, 1868 que projecten grans de sorra movent els seus toracopodis (pereopodis) mentre s'enterren o utilitzant el tèlson com a pala (Wittmann, 2009). *Paramysis arenosa* (Sars G.O., 1877) obre rases dins de sorra fangosa amb els seus primers tres toracopodis. Aquesta espècie pot cavar, fossats oberts d'entre 5-10 cm en una hora (Mauchline, 1971) Els Mysida són principalment nedadors gràcies als exopodis dels seus pereopodis. Mouen els apèndixs contínuament en una fase una mica diferent i treuen aigua dels costats cap a la superfície superior (Figura 13) D'aquesta manera dos corrents forts d'aigua, un paral·lel al plèon i l'altre una mica distanciat condueixen el cos endavant. Moltes espècies mantenen el seu cos en una posició horitzontal mentre naden, d'altres es situen amb part anterior cap amunt, gairebé vertical.

La majoria d'espècies s'agrupen en "eixams". Els eixams poden ser d'un quilòmetre de llargada i uns quants metres de diàmetre. Aquesta formació depèn de senyals òptics durant el dia i probablement de la sensibilitat per detectar corrents generats per la natació dels seus veïns, de nit.

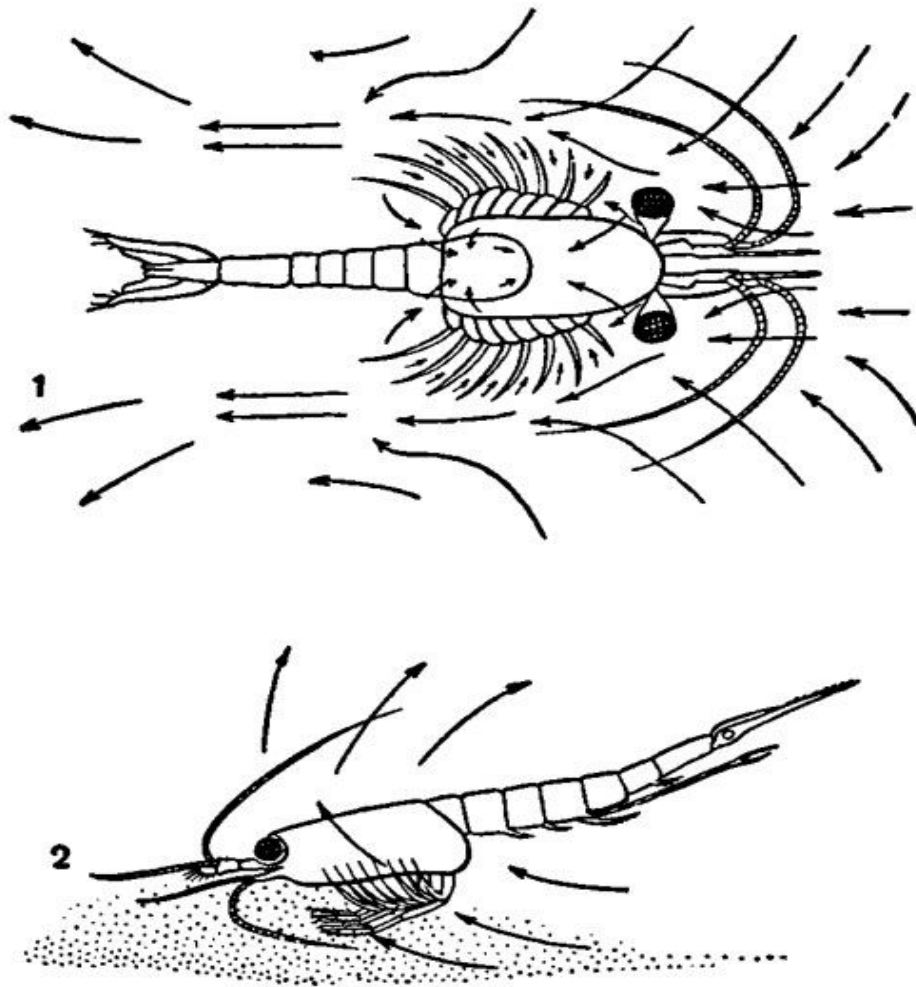


Fig. 13. Moviment d' *Hemimysis lamornae*, segons dic.academic.rus, Gladkova, i Miheeva 1970

Quan se'ls molesta es poden moure bruscament endarrere flectint el plèon i tèlson contra el perèon i desplegant-lo ràpidament amb el vano caudal. Gràcies als seus ulls i a els estatocists, els Mysida mantenen el seu cos en un equilibri dinàmic (Mees, J. i K. Meland, 2012).

Al litoral, en aigua poc profunda i ben il·luminada poden utilitzar les seves bones habilitats visuals per detectar depredadors i obtenir una direcció òptima d'escapament (Fulton, 1982). En aigües més fosques o tèrboles són més importants la percepció mecànica (Rademacher i Kils, 1996) i química de kairomones dels depredadors (Lindén *et al.*, 2003)

La majoria de Mysida, s'alimenten de micro-algues, detritus, i zooplàncton; en alguns casos, la mateixa espècie pot ser filtradora de dia i depredadora de nit. Quan els Mysida són filtradors utilitzen els setes dels

endites proximals de la maxil·la per filtrar l'aliment (Cannon i Manton, 1927). En unes altres espècies la presència de grans dents incisives i esmolades en la pars molaris indica un regim d'alimentació carnívor o detritívor (Kaestner, 1970; Murano, 1999; Price i Heard, 2009). Els juvenils d'espècies carnívores s'alimenten de rotífers, petits copèpodes i estadis de naupli, mentre que els adults prefereixen selectivament preses més grans com cladòcers i copèpodes Calanoidea (Arndt i Jansen, 1986). Les espècies detritívores mentre naden damunt el fons generen un corrent d'aliment en suspensió i són capaços de reutilitzar una porció substancial del detritus no refractari suspès a la columna d'aigua o enterrat dins els sediments de superfície.

Conseqüentment els Mysida, tenen un clar potencial d'estructuració per a comunitats de zooplàncton (Wooldridge i Bailey 1982) i influeixen en l'estructura del fitoplàncton, ticoplàncton (plàncton ocasional, organismes arrossegats pels corrents a la zona planctònica), i comunitats meiofaunals (Jansen *et al.*, 1983; Jansen i Heerklos, 1983; Hansson *et al.*, 1990).

Els fòssils identificats com a Mysida s'han datat d'abans del període Triàsic (248-213 M a). És possible que l'ordre de Malacostraca fòssils coneguts com Pygocephalomorpha Beurlen, 1930, que inclou un cert nombre de gèneres del Paleozoic dels períodes Carbonífers i Permià (360-248 ma), tinguin parentiu amb Mysida (Taylor *et al.*, 2001). Malgrat tot, pocs fòssils de Mysida s'han identificat fins a la data. *Elder ungulatus* Münster, 1839 i *Francocaris grimmi* Broili, 1917, tots de les calcàries de Solnhofen del Juràssic de Baviera, són generalment inclosos en Mysida, però Schram (1986) creu que aquests taxa són «massa poc coneguts» per assignar-los un grup concret. «Potser els únics "veritables" fòssils de Mysida provenen de la part superior dels dipòsits del període Juràssic Mitjà de la Voulte-sur-Rhone, Ardeche, França: *Siriella antiqua* i *S. carinata*», descrites per Secretan i Riou (1986) Cal citar també el Mysida trobat a les calcàries taulejades del Muschlekkalk d'Alcover (Cartañà i Martí, 1994)

Característiques morfològiques

Els Mysida tenen una closca ben desenvolupada que cobreix el cap i es fusiona amb els tres o quatre primers pereonites però que deixa al descobert els últims somites del plèon. El cèfalon, estretament relacionat amb el perèon (cefalotòrax: un segment del perèon soldat al cèfalon), presenta dos parells d'antenes: l'antena I o antènula és multisegmentada i dotada de setes sensorials, l'antena II o antena presenta un escafocerit (exopodi) més o menys oval. Presenten els ulls pedunculats, un parell de mandíbules,

lleugerament asimètriques, dos parells de maxil·les (maxil·lules i maxil·les) i un parell de maxil·lípedes (pereopodis o toracopodis modificats). Els següents pereopodis (2-8) són birramis i natatoris. Les coxes dels pereopodis 2-6 de les femelles presenten els oostegites en forma de plaques còncaves i transparents i que formen una cambra incubadora o marsupi on els embrions i larves romanen fins mateixos la fase juvenil. El plèon consta de 6 somites (pleonites). Els cinc primers són similars, porten cinc parells d'apèndixs birramis (pleopodis) que, en les femelles són en general petits i reduïts. En els mascles, poden modificar-se per a diferents tasques relacionades amb la còpula. El sisè pleonite, més llarg que els altres, té un parell de uropodis birramis; al final del plèon és troba el telson, la morfologia del qual és important per la diagnosi de moltes espècies. El telson i els uropodis formen el vano caudal, que exerceix un paper important en els moviments dels Mysida. Normalment els Mysida tenen un estatocist de vaterita o fluorita en la part proximal dels endopodis dels seus uropodis. Aquest òrgan d'equilibri falta en la família, Petalophthalmidae.

Habitat, distribució i utilització

Els Mysida tenen una distribució mundial, principalment són marins però poden ser abundants en llacs d'aigua dolça o salobre; També s'han descrit nombroses poblacions en aigües subterrànies, i en coves submarines (anquialines) (Meland i Willassen, 2007; Wittman, 2009). A més de tenir formes pelàgiques la majoria d'espècies es troben associades amb la capa d'aigua que limita el bentos, nedant o recolzant-se en la superfície del sediment. Els Mysida constitueixen un component important en la biomassa del zooplàncton dels estuaris i de les regions costaneres (Jerling i Wooldridge, 1995). Tant si es troben en aigua dolça com salada, formen eixams abundants i són una part important del règim normal de peixos, ocells aquàtics, cefalòpodes i altres depredadors (Gomoiu, 1978; Greenwood *et al.*, 1989). L'alta biomassa assolida per aquestes poblacions suggereix que poden jugar un paper important en la xarxa tròfica d'aquests ecosistemes aquàtics, en particular com a font d'aliment de diferents espècies de peixos que fan servir aquests ambients com "nursery" o zones de cria (Brown i Mclachlan, 1990 ; Chigbu i Sibley, 1994; Redon *et al.*, 1994; Gibran i Castro, 1999, Morte *et al.*, 1999). Progressivament reemplacen als Copepoda (Classe Maxillopoda Dahl, 1956, Subclasse Copepoda Milne-Edwards, 1840) en el règim de molts depredadors postlarvals i juvenils. També són font d'àcids grassos poliinsaturats per als seus consumidors, fet important en la

disminució de la mortalitat dels alevins durant l'hivern (Snyder i Hennessey, 2003).

En molts països asiàtics, els Mysida són una part comuna de cuina local, en diferents èpoques en el Mediterrani també s'han utilitzat com a aliment humà i en certes regions, com el Golf de Tailàndia, donen suport a pesqueries extenses.

Diferents espècies presenten amplis marges de tolerància als canvis de salinitat en les zones costaneres (McKenney, 1994) també s'ha estudiat l'efecte dels canvis en el desenvolupament (Fockedey *et al.*, 2006) i el control fisiològic que algunes espècies poden tenir sobre l'absorció de metalls pesants com el cadmi (Wildgust i Jones, 1998). Per aquest motiu els Mysida s'utilitzen en bioassaig. Són un bon material per fer estudis científics ja que són relativament fàcils capturar i de mantenir en el laboratori i com tots els Peracarida s'utilitzen en controls de contaminació (McKenney, 2005; Pérez i Beiras, 2010).

Biologia reproductiva

En moltes espècies de Mysida, la sex-ràtio es mostra esbiaixada i segons l'època de l'any són més abundants les femelles que els mascles (Johnson *et al.*, 2001). L'aparellament és molt ràpid i té lloc de nit. L'esperma és dipositat al marsupi de la femella o dirigit per corrents produïts pels toracopodis cap al marsupi en el cas d'espècies d'aparellament sense còpula. Després de la transferència d'esperma, els ous de la femella s'extrudeixen al marsupi i es fertilitzen allà. El desenvolupament intramarsupial es pot dividir en dues fases: la fase embrionària i la fase larvària. La fase embrionària s'inicia amb la fertilització de l'ou dins del marsupi i finalitza amb la ruptura de la membrana embrionària. La fase larvària inclou dos estadis intramarsupials: el nauplioid i el postnauplioid. La larva nauplioid és dorsalment còncava i està envoltada per una cutícula naupliar que es forma sota la membrana de l'ou abans de l'eclosió. Presenta antènules rudimentàries, antenes i mandíbules. El plèon no està segmentat i presenta unes estructures en forma d'espines anomenades cercopodis a l'extrem posterior. Els cercopodis són estructures transitòries, després de l'ècdisi desapareixen i no es reemplacen (Wittmann, 1981). El vitel s'estén a través de tot el cos anterodorsalment fins al final del plèon. A mesura que la larva nauplioid es desenvolupa, tots els apèndixs postcefàlics i els peduncles oculars es fan visibles sota la cutícula larvària. L'estadi nauplioid acaba quan s'elimina la cutícula naupliar i els apèndixs i els ulls poden moure's

lliurement.

Estadi de postnauplioid (estadi larvari II) comença després de la muda del nauplioid i acaba quan el vitel es reabsorbeix a l'interior de la regió toràcica (San Vicente, *et al.*, 2014). L'exúvia del nauplioid mai es troba al marsupi, ja que és extremadament prima i és expulsada pels corrents d'aigua en trossos petits. La larva postnauplioid s'assembla al juvenil, llevat que té els ulls dirigits cap al darrera, el vitel està encara present, i la regió dorsal segueix sent clarament còncava. El vitel forma una gran protuberància anterodorsal i es projecta entre els ulls, però s'absorbeix durant el desenvolupament de la larva (Wittmann, 1981).

L'etapa postnauplioid acaba amb la segona muda larval i l'alliberament fora del marsupi d'un juvenil de vida lliure similar als adults amb conjunts complets d'apèndixs i amb l'estatocist funcional (Mauchline, 1980).

El període d'incubació i freqüència d'aparellament depèn de l'espècie i la temperatura de l'aigua, i es pot estendre des d'unes quantes setmanes fins a uns quants mesos. Els juvenils alliberats necessiten aproximadament un mes per arribar a l'etapa adulta a una temperatura de l'aigua aproximadament de 20°C. (Wittmann, 1984). Després de l'alliberament els juvenils, la femella muda i està preparada per realitzar una altra posta. Tot seguit, produeix una feromona, que és detectada pels processos antenulars dels mascles propers.

Com en la majoria de Peracarida la mida de la femella està relacionada amb el nombre d'ous de la posta i també s'observa una tendència a produir ous més grans en les generacions hivernals (Mauchline, 1980) .

Estat de conservació

La IUCN (2014) ha classificat tres espècies de Mysida en la Llista Roja (*Bermudamysis speluncola*, *Platyops sterreri*, i *Stygiomysis hydruntina*), dues com espècies molt amenaçades i una com a vulnerable.

La regressió o inclús l'extinció de poblacions senceres com a resultat de l'acció humana ha estat prou descrita, la pol·lució domèstica o industrial de les aigües costaneres i subterrànies, el drenatge de canals, la desviació de les aigües per cultius o per usos turístics ha fet o està fent desaparèixer moltes poblacions d'aquests grups.

Classificació

L'ordre Mysida Haworth, 1825 es va classificar fins a principis de segle en 4 famílies (Martin i Davis, 2001): Família Mysidae Haworth, 1825; Família Petalophthalmidae Czerniavsky, 1882; Família Lepidomysidae Clarke, 1961;

Família Stygiomysidae Caroli, 1937.

Meland i Willassen, (2007), i Anderson, (2010) proposen la següent classificació:

Ordre Mysida Haworth, 1825

Família Petalophthalmidae Czerniavsky; 1882

Família Mysidae Haworth; 1825

Especies estudiades

***Hemimysis lamornae mediterranea* Bacescu, 1936**

Ordre Mysida Hawort, 1825

Família Mysidae Hawort, 1825

Subfamília Mysinae Hawort, 1825

Gènere *Hemimysis* Sars 1869

Veure la descripció detallada a l'Article « A record of the Mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Western Mediterranean with a complete morphological Description.»

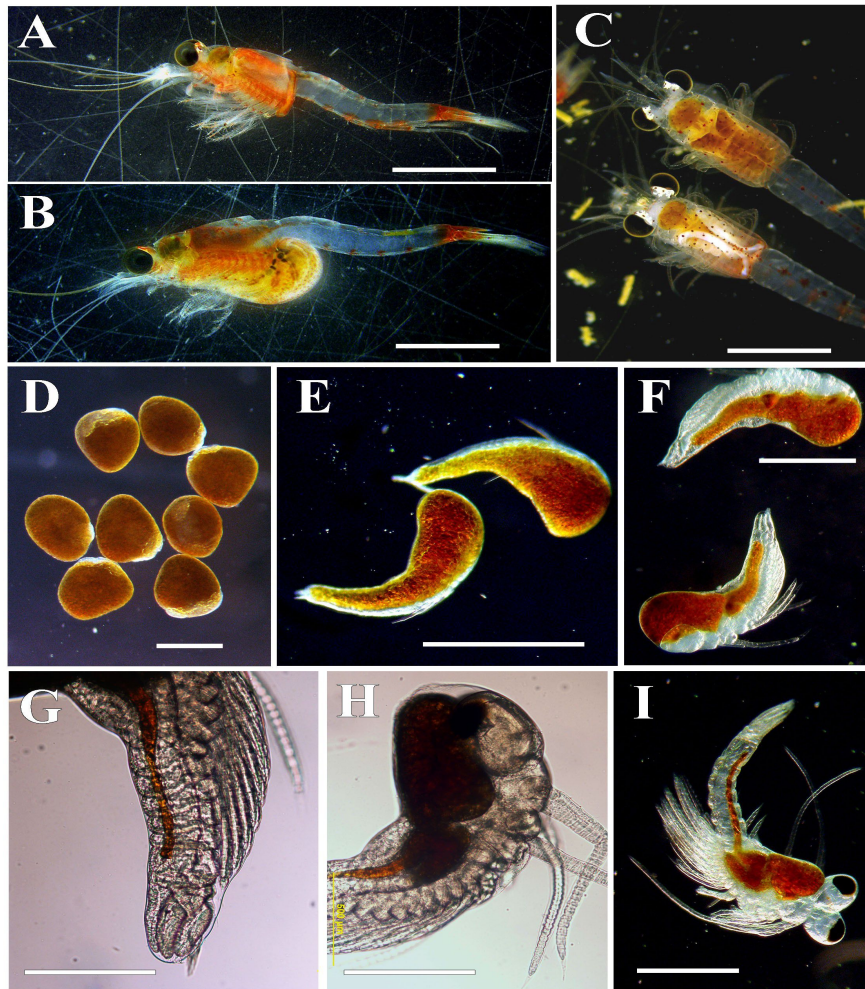


Fig. 14. *Hemymysis lamornae mediterranea* Bacescu, 1936. A, mascle; B, femella; C, mascle i femella, visió dorsal; D, ous; E-H, nauplioids; I, postnauplioid. Escales: A- C= 1,5 mm; D = 0,4 mm; E-I= 0,5 mm.

***Mesopodopsis slabberi* (Van Beneden, 1861)**

Ordre Mysida Hawort, 1825

Família Mysidae Hawort, 1825

Subfamília Mysinae Hawort, 1825

Gènere *Mesopodopsis* Czerniavsky, 1882

DESCRIPCIÓ

Forma general llarga i prima amb la part del cefalotòrax anterior al solc cervical particularment estret. Els adults poden arribar als 11-15 mm de longitud. El plèon és llarg i més gruixut que el perèon, i més del doble de llarg que la closca del cefalotòrax. Closca del cefalotòrax relativament curta, arrodonida formant un petit rostre simètric; marge posterior emarginat lleugerament, deixant el vuitè, el setè, i part del sisè pereonites exposats. Antènula amb un peduncle prim; en el mascle hi ha un lòbul gran i setós o apèndix masculí. L'escafocerit llarg i prim, de longitud gairebé igual al peduncle antenular. Els ulls amb peduncles molt allargats, tres vegades i mitjà més llargs que amples. Els pereopodis 1r i 2n sovint estan modificats per ajudar en l'alimentació de l'individu, són els primer i segon maxil·lípedes del 3r al 8è tenen endopodis llargs i prims. Els primer, segon i cinquè parells de pleopodis dels mascles són rudimentaris com en la femella però el tercer i el quart parells estan molt desenvolupats (com en altres Mysida) i tenen un important paper en la còpula. El tèlson és curt, d'apex arrodonit amb files de dents regulars i dues punxes fortes en els dos marges laterals (Tattersall i Tattersall, 1951).

COLOR

Transparent, amb pràcticament cap pigment.

HÀBITAT I DISTRIBUCIÓ

Nord de l'oceà Atlàntic, mar Bàltica, mar Mediterrània i mar Negra. Molt abundant en aigües salobres i estuaris d'Europa i del nord d'Àfrica, en la costa oest. En aquestes localitats viu en eixams molt densos. Es pot trobar a una profunditat de 0 a 65 m. *M. slabberi* és una espècie eurihalina; presenta una gran capacitat d'adaptació per sobreviure en diferents graus de salinitat. S'alimenta de detritus, i també de petits invertebrats.

REPRODUCCIÓ I CREIXEMENT

La reproducció és continua tot l'any amb màxims a la primavera i la tardor. El número d'embrions o larves de les postes està relacionat amb la mida de les femelles així com també la mida dels ous

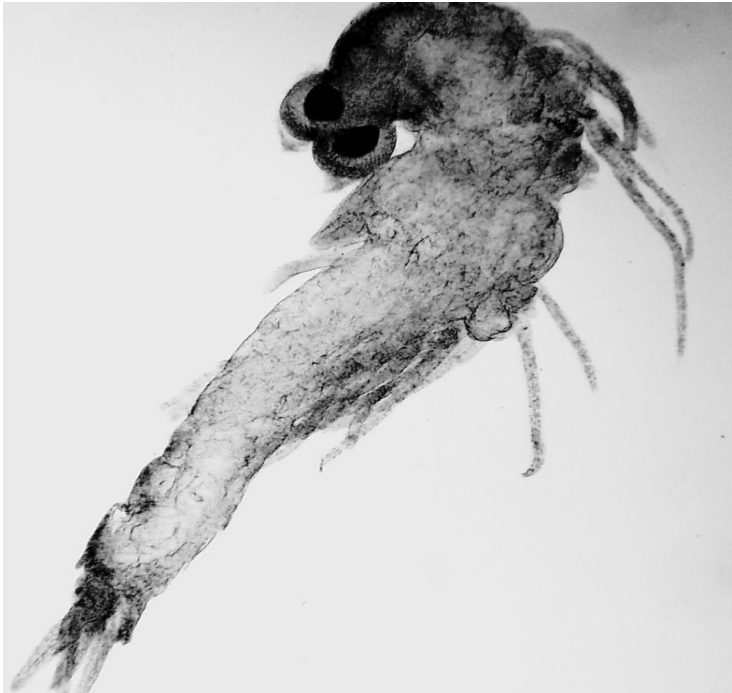


Figura. 15. Postnauplioid de *Mesopodopsis slabberi*

2. OBJECTIUS

2.OBJECTIUS

Els objectius d'aquest treball han estat:

1. Contribuir al coneixement de la biodiversitat dels Peracarida del Delta de l'Ebre.
2. Estudiar l'estructura poblacional de les espècies més abundants.
3. Aprofundir en el coneixement de la biologia reproductiva de les espècies estudiades.
4. Determinar al laboratori l'efecte de diversos paràmetres ambientals en el creixement i la reproducció d'aquestes espècies.

PLANTEJAMENT I ESTRUCTURA D'AQUESTA TESI

Aquest estudi va començar amb una recerca d'estacions de mostreig per tal de trobar les espècies de Peracarida més representatives, amb poblacions estables en del Delta, amb l'objectiu d'estudiar del seu cicle biològic al llarg de quasi dos anys.

Les espècies seleccionades per dur a terme el present estudi van ser les següents:

Mesopodopsis slabberi

Hemimysis lamornae mediterranea

Gammarus aequicauda

Erichthonius brasiliensis

Monocorophium insidiosum

Els mostrejors es van portar a terme durant un període de 21 mesos. Les mostres es van obtenir en dues zones: el canal de comunicació de la llacuna de l'Encanyissada amb la badia de Els Alfacs (per *Mesopodopsis slabberi*, *Gammarus aequicauda*, *Erichthonius brasiliensis* i *Monocorophium insidiosum*) i en el port de Sant Carles de la Ràpita en el cas d'*Hemimysis lamornae mediterranea*.

S'ha estudiat l'evolució anual d'aquestes poblacions, el cicle reproductor, la demografia i la fecunditat entre d'altres paràmetres poblacionals. També hem estudiat la influència de la salinitat i/o la temperatura en el creixement d' *Hemimysis lamornae mediterranea* i *Gammarus aequicauda* en el laboratori.

3. RESULTATS

Informe dels directors de la tesi sobre els factors d'impacte dels articles publicats

Els directors de la tesi elaborada per la doctoranda Lúdia Delgado Garcia, presentem el següent informe sobre els factors d'impacte dels articles publicats que conformen aquesta tesi.

1. Biology of the Mysid *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden, 1861) (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean). L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera.

Hydrobiologia 357: 27-35, 1997.

Hydrobiologia va tenir l'any 1997 un índex d'impacte de 0,52 segons Journal Citation Reports

2. The Gammaridea (Amphipoda) fauna in a Mediterranean coastal lagoon: considerations on population structure and reproductive biology.

Lúdia Delgado, Guillermo Guerao & Carles Ribera. Crustaceana 82 (2): 191-218, 2009.

Crustaceana va tenir l'any 2009 un índex d'impacte de 0,5 Segons la www.bioxbio.com. Aquesta revista figura en el quart quartil de la categoria: Marine & Freshwater Biology.

3. Effects of different salinities on juvenile growth of *Gammarus aequicauda* (Malacostraca: Amphipoda). Lúdia Delgado, Guillermo Guerao, & Carles Ribera.

International Journal of Zoology Volume 2011. Volum especial: Gammarus: Important Taxon in Freshwater and Marine Changing Environments (Editors: Almut Gerhardt, Michelle Bloor, and Chris Lloyd Mills).

És una revista digital, d'accés lliure i de recent creació.

4. A record of the Mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (Crustacea: Mysida) from the Western Mediterranean, with a complete morphological description. Carlos San Vicente, Lúdia Delgado, Esteban Hernandez &

Guillermo Guerao.

Marine Biodiversity Records, page 1 of 9. Marine Biological Association of the United Kingdom, 2011.

Marine Biodiversity Records Aquesta revista figura en el tercer quartil , de la categoria:Ecology segons SCImago. (2007). SJR — SCImago Journal & Country Rank. Retrieved October 06, 2014, from <http://www.scimagojr.com>.

5. Population structure and life history of *Hemimysis lamornae mediterranea* (Malacostraca: Mysida) in the Ebro delta (NW Mediterranean). L. Delgado, G. Guerao, C. San Vicente & C. Ribera.

Journal of Sea Research 83 (2013) 137–145.

Journal of Sea Research té en l'última edició de Journal Citation Reports (2012) un índex d'impacte de 1,855. Aquesta revista figura en el segon quartil, de la categoria: Marine & Freshwater Biology.

Barcelona, de 2014

Informe dels directors de la tesi sobre la participació de la doctoranda en cada article

1. Biology of the Mysid *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden, 1861) (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean) L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera.

Contribució de la doctoranda: participació en el disseny del treball, recollida de mostres, elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció de les diferents versions del manuscrit.

Contribució dels altres autors: G. Guerao disseny i supervisió del treball, recollida de mostres, participació en l'elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit. C. Ribera disseny i supervisió del treball, discussió dels resultats i redacció del manuscrit.

2. The Gammaridea (AMPHIPODA) fauna in a Mediterranean coastal lagoon: considerations on population structure and reproductive biology .

Lidia Delgado, Guillermo Guerao & Carles Ribera

Contribució de la doctoranda: participació en el disseny del treball, recollida de mostres, elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció de les diferents versions del manuscrit.

Contribució dels altres autors: G. Guerao disseny i supervisió del treball, recollida de mostres, participació en l'elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit. C. Ribera disseny i supervisió del treball, discussió dels resultats i redacció del manuscrit.

3. Effects of different salinities on juvenile growth of *Gammarus Aequicauda* (Malacostraca: Amphipoda) .

Lidia Delgado, Guillermo Guerao, & Carles Ribera.

Contribució de la doctoranda: participació en el disseny de l'experiment, obtenció i elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció de les diferents versions del manuscrit.

Contribució dels altres autors: G. Guerao disseny i supervisió del treball, recollida de mostres, obtenció i elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit. C. Ribera disseny i supervisió del treball, discussió dels resultats i redacció del manuscrit.

4. A record of the Mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (Crustacea: Mysida) from the Western Mediterranean, with a complete morphological Description .

C. San Vicente, L. Delgado, E. Hernandez & G. Guerao.

Contribució de la doctoranda: participació en l'obtenció i elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats, revisió del manuscrit.

Contribució dels altres autors: C .San Vicente disseny i supervisió del treball, participació en la elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit. G. Guerao disseny i supervisió del treball, recollida de mostres, participació en la elaboració de les dades , obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit. E. Hernandez participació en la recollida de mostres, obtenció i elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats, revisió del manuscrit.

5. Population structure and life history of *Hemimysis lamornae mediterranea* (Malacostraca: Mysida) in the Ebro delta (NW Mediterranean).

L. Delgado, G. Guerao, C. San Vicente , C. Ribera.

Contribució de la doctoranda: participació en el disseny del treball, elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit.

Contribució dels altres autors: G. Guerao disseny i supervisió del treball, recollida de mostres, participació en l'elaboració de les dades, obtenció i discussió dels resultats i redacció del manuscrit. C. San Vicente disseny, supervisió del treball i discussió dels resultats , revisió del manuscrit. C. Ribera disseny i supervisió del treball, discussió dels resultats i redacció del manuscrit.

També certifiquen que els articles que componen aquesta tesi no seran utilitzats en cap altra tesi doctoral.

Barcelona,

de

2014

Biology of the Mysid *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden, 1861) (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean)

L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera .

Biologia de *Mesopodopsis slabberi* van Beneden, 1861 (Crustacea, Mysidacea) en una llacuna costanera del Delta de l'Ebre (NW de la Mediterrània)

Alguns aspectes de la població i la biologia reproductiva de *Mesopodopsis slabberi* (Mysida) van ser estudiats a l'oest-del Mediterrani a l'Encanyissada, llacuna costanera del Delta de l'Ebre, (Espanya). Es van prendre mostres a intervals mensuals des de l'agost de 1993 fins al juny 1995. No es van trobar especímens els mesos de desembre de 1994 ni de febrer del 1995.

La relació entre la longitud de la closca (LC) i la longitud total (Lt) és isomètrica: $\log Lt = 1.0612 \log Lc + 0,9411$ ($n = 178$, $r = 0,9411$). La longitud de femelles i mascles madurs és més gran a l'hivern, i més petita a l'estiu.

La longevitat dels individus canvia al llarg de l'any; els que tenen la major esperança de vida són els membres de la generació d'hivern.

S'han registrat femelles ovades durant tot l'any, excepte al desembre de 1993 i a l'abril de 1994; encara que són més nombroses a la primavera i tardor. El número d'embrions o larves (N) està relacionat amb la mida de les femelles (rang: 1-22, valor mitjà: 4,8): $\log N = 1.8705 \log Lc - 0,0985$ ($N = 361$, $r = 0,4097$, $P < 0,01$). També la mida dels ous (màxim diàmetre, Le) està relacionada amb la mida de les femelles (Rang: 0,35-0,6 mm de longitud total): $\log Le = 0.3404 \log Lc - 0,4820$ ($n = 277$, $r = 0,5420$, $P < 0,01$).

Biology of the mysid *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden, 1861) (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean)

L. Delgado, G. Guerao & C. Ribera

Departament de Biologia Animal (Secció Artròpodes), Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Avinguda Diagonal 645, 08028 Barcelona, Spain

Received 18 February 1997; in revised form 19 August 1997; accepted 9 September 1997

Key words: *Mesopodopsis slabberi*, Mysidacea, population biology, reproduction, Ebre delta

Abstract

Aspects of the population and reproductive biology of the mysid *Mesopodopsis slabberi* were studied in the western Mediterranean (Encanyissada coastal lagoon, Ebre delta, Spain). Misids were sampling at monthly intervals from August 1993 to June 1995. In December 1994 and February 1995 any individuals were found. The relationship between carapace length (Lc) and total length (Lt) was isometric: $\log Lt = 1.0612 \log Lc + 0.9411$ ($n = 178$, $r = 0.9411$). The size of mature males and females was at a maximum in the winter, and a minimum in the summer. The longevity of individuals changed throughout the year; those with the longest life expectancy were members of the overwintering generation. Brooding females were recorded throughout the year, except in December 1993 and April 1994; they were most numerous in spring and autumn. The number of embryos or larvae (N) carried by females was related to the size of the females (range: 1–22, mean value: 4.8): $\log N = 1.8705 \log Lc - 0.0985$ ($n = 361$, $r = 0.4097$, $P < 0.01$). The size of the eggs (maximum diameter, Le) was related to the size of the females (range: 0.35–0.6 mm in total length): $\log Le = 0.3404 \log Lc - 0.4820$ ($n = 277$, $r = 0.5420$, $P < 0.01$).

Introduction

The genus *Mesopodopsis* Czerniavsky, 1882 is found in a wide area extending from the Baltic Sea, and the coast of Europe, to the Mediterranean Sea, the Black Sea, south-eastern Africa, the Indian Ocean, and Australasian waters (Tattersall & Tattersall, 1951; Pillai, 1968; Mauchline, 1980; Wittman, 1992). The most recent revision of the genus was given by Wittman (1992), who studied morphogeographic variations in the *M. slabberi* species and described three new species. The current species list of the genus *Mesopodopsis* is as follows: *M. slabberi* (van Beneden, 1861); *M. aegyptia* Wittmann, 1992; *M. tropicalis* Wittmann, 1992; *M. wooldridgei* Wittmann, 1992; *M. africana* O. S. Tattersall, 1952; *M. orientalis* (W. M. Tattersall, 1908), and *M. zeylanica* Nouvel, 1954. *M. wooldridgei* is the most well studied of these (Wooldridge, 1983; Webb et al., 1987; Wooldridge & Webb, 1988; Webb & Wooldridge, 1989; Webb & Wooldridge, 1990; Jerling & Wooldridge, 1995).

Mesopodopsis slabberi is known to occur in the NE-Atlantic, western Baltic, Mediterranean, Marmara, Black, and Azov seas (Wittman, 1992). It tolerates a wide range of salinities (1.3–43‰) and it is very common in estuaries (Chinchilla & Comín, 1977; Greenwood et al., 1989; Wittman, 1992; Moffat & Jones, 1993), where it has an important ecological role, being consumed by numerous species of fish (Gomoiu, 1978; Greenwood et al., 1989; Ruiz, 1995). However, knowledge of the population dynamics and reproductive ecology of *M. slabberi* is relatively incomplete. The effect of salinity on brood maturation (Greenwood et al., 1989), and seasonal migration and distribution (Gomoiu, 1978; Moffat & Jones, 1993; Bamber & Henderson, 1994) have been investigated in the North Atlantic. In the Mediterranean, some aspects of distribution and reproductive biology have been studied (Macquart-Moulin, 1965). Several features of its biology are also known from Black Sea (Bacesco, 1941).

Mesopodopsis slabberi is abundant in coastal lagoons of the Ebre delta (western Mediterranean,

Spain) (Chinchilla & Comín, 1977; Comín et al., 1990). The misid is actively preyed upon by several fish including *Pomatoschistus microps* and *Liza ramada* (Ruiz, 1995; Cardona, pers. com.). The aim of this study was to describe the population characteristics and reproductive biology of the population of *M. slabberi* in this estuarine habitat of the western Mediterranean.

Description of study sites

The study site was located in the Encanyissada lagoon (Ebre delta) on the Spanish Mediterranean coast (40° 37' N; 0° 36' E). It is very shallow (0.8–1.2 m) and is surrounded by a narrow helophytic and halophytic plant belt (Comín et al., 1990). Because of the inflow of freshwater, conductivity decreases from 35 mS cm⁻¹ in April to 2 mS cm⁻¹ in June, remaining between 1 and 3.5 mS cm⁻¹ during the summer and autumn (Comín, 1984; Comín et al., 1990). Temperatures range from 3 °C in winter to 28 °C in summer (Comín, 1984). Differences in qualitative and quantitative aspects of the phytoplankton populations have been described by Comín (1982).

Materials and methods

Daylight sampling was carried out nearshore to the communication channel between the lagoon and the Alfacs bay along 20 m transect. *Mesopodopsis slabberi* was collected with a plankton net (mesh size of 0.5 mm; mouth aperture of 35 cm diameter). Monthly samples were taken from August 1993 to June 1995. The same effort was used during each sampling session. Samples were preserved in alcohol 70% or formal 10%. Individuals of *M. slabberi* were counted and classified into one of six population categories on the basis of sexual characteristics: (1) juveniles (secondary sexual characteristics are absent); (2) immature males (secondary sexual characteristics developing); (3) mature males (secondary sexual characteristics completely developed); (4) immature females (rudimentary marsupium present); (5) empty females (secondary sexual characteristics fully developed, but no eggs or larvae are carried); (6) brooding females (mature females with eggs or young in the marsupium).

The total length (Lt) of each individual was measured, from the tip of the rostrum to the posterior end of the telson, excluding the setae. Carapace length (Lc)

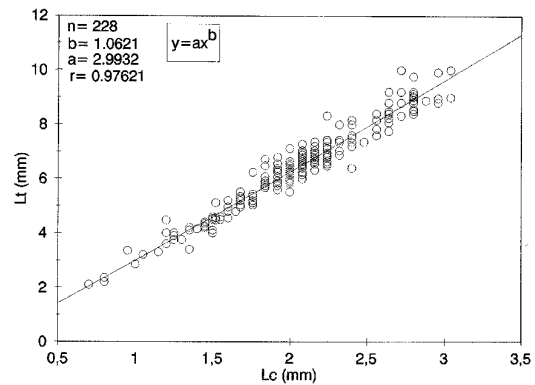


Figure 1. *Mesopodopsis slabberi*. Relationship between total length and carapace length.

was measured from the tip of the rostrum to the posterior lateral margin of the carapace with an accuracy of 0.01 mm.

Embryonic and postembryonic development were divided into 3 arbitrary stages based on the following morphological criteria (see Mauchline, 1980):

stage 1: egg containing embryo.

stage 2: hatched larva. The antennae and thoracic appendages develop during this stage.

stage 3: moulted larva with pigmented and stalked eyes.

Egg size (maximum diameter) was measured by using a binocular microscope incorporating an ocular micrometer.

Results

The relationship between carapace length (Lc) and total length (Lt) was calculated from some individuals of *Mesopodopsis slabberi* (Figure 1): $\log Lt = 1.0612665 \log Lc + 0.9411285$; ($n = 178$, $r = 0.94113$). The slope was not significantly different from 1 (t -Student's, $t = 2.04338$, $P = 0.01$). Therefore, carapace length was used to represent individual size because it was considered to be more accurate than the total length.

Mesopodopsis slabberi was found in all months of the sampling period except December 1994 and February 1995. The percentage of different demographic categories varied markedly during this sampling period.

Table 1. Percentage of brooding females (b) of the total of mature females of *Mesopodopsis slabberi*; m, number of mature females; n, number of individuals captured; b₁, b₂, b₃, brooding females with egg-shape embryos (stage 1), elongated larva (stage 2) and larvae with eyes stalked (stage 3), respectively.

Date	%b ₁	%b ₂	%b ₃	%b	m	n
03/08/93	30.4	36.0	33.4	30.7	672	1,399
18/09	68.7	22.5	8.75	34.7	237	1,268
09/10	66.6	22.9	11.1	75.0	180	2,934
20/11	66.6	33.3	0.0	5.5	18	521
21/12	–	–	–	0.0	2	20
23/01/94	72.7	27.2	0.0	27.9	423	1,310
26/02	16.6	83.3	0.0	33.3	25	37
25/03	31.4	62.8	5.7	81.5	43	130
30/04	–	–	–	0.0	3	13
28/05	33.3	66.6	0.0	74.9	5	14
25/06	40	60	0.0	44.4	7	16
23/07	70.7	20.1	9.1	54.5	78	232
20/08	10.4	31.2	50.0	17.0	52	103
26/09	63.2	30.6	6.1	55.0	91	369
30/10	31.2	50.0	18.7	76.2	21	248
27/11	–	–	–	–	0	5
25/12	–	–	–	–	–	0
21/01/95	–	–	–	–	0	2
26/02	–	–	–	–	–	0
25/03	–	–	–	0	1	1
27/04	50.3	17.0	33.3	100.0	12	36
30/05	50.0	50.0	0.0	25.0	8	45
30/06	14.2	52.6	33.0	71.2	229	465
Total	44.9	41.9	13.1	46.7		

The sex-ratio calculated from the complete data set was not significantly different from 1 (Chi-squared test, $P > 0.05$). However, the sex-ratio fluctuated along the sampling period (Figure 2).

Juveniles were found in all samples except in December 1993 and February 1994 (as shown in Figure 3). The percentage of juveniles increased during the spring, and was at a maximum in the autumn (59.2% of the total in October 1993 and 32.5% October 1994). The percentage of juveniles declined during late autumn and winter. The minimum Lc for juveniles was 0.7 mm (2.5 mm Lt).

The percentage of immature males reached a maximum in the autumn (30% in November 1993 and 22.1% in October 1994). No immature males were found in December 1993 (Figure 3). Immature males from the winter generation were significantly larger than those from the summer generation (as shown in Figure 4).

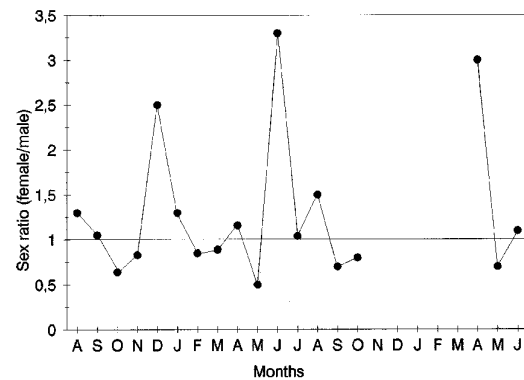


Figure 2. *Mesopodopsis slabberi*. Fluctuation of the sex ratio (female/male).

The maximum mean size (Lc) was 2.4 ± 0.05 mm (C.I. 95%, in February 1994); and the minimum mean size was 1.44 ± 0.10 mm (observed in May 1995).

Immature females were found in all samples except in May 1994 and April 1995 (Figure 3). The percentage of immature females reached a maximum in November and December 1993 (37.2% and 59.9% respectively). Immature females from the winter generation were significantly larger than those from the summer generation (as shown in Figure 4). The maximum mean size (Lc) was 2.5 ± 0.11 mm (observed in February 1994), and the minimum mean size was 1.5 ± 0.02 mm (observed in July 1995).

Mature males were found in all samples (Figure 3). The percentage of mature males reached a maximum in the spring (49% of the total in March 1994, 45.8% in May 1994, and 49.9% in May 1995). Mature males from the winter generation were larger than those from the summer generation (Figure 4); the maximum mean size (Lc) of the males was 3.0 ± 0.06 mm (observed in February 1994); and the minimum mean size was 1.95 ± 0.04 mm (observed in September 1994).

Mature females were found in all samples except in November 1994 and January 1995 (Figure 3 and Table 1). The percentage of mature females reached a maximum in the summer and winter (47.9% of the total in August 1993, 68.1% in February 1994 and 50% in August 1994); the percentage declined during the autumn (6.1% in October 1993, 3.4% in November 1993 and 8.6% in October 1994). Brooding females were recorded in all samples except in December 1993 and April 1994 (Figure 3, Table 1). The percentage of brooding females of the total number of

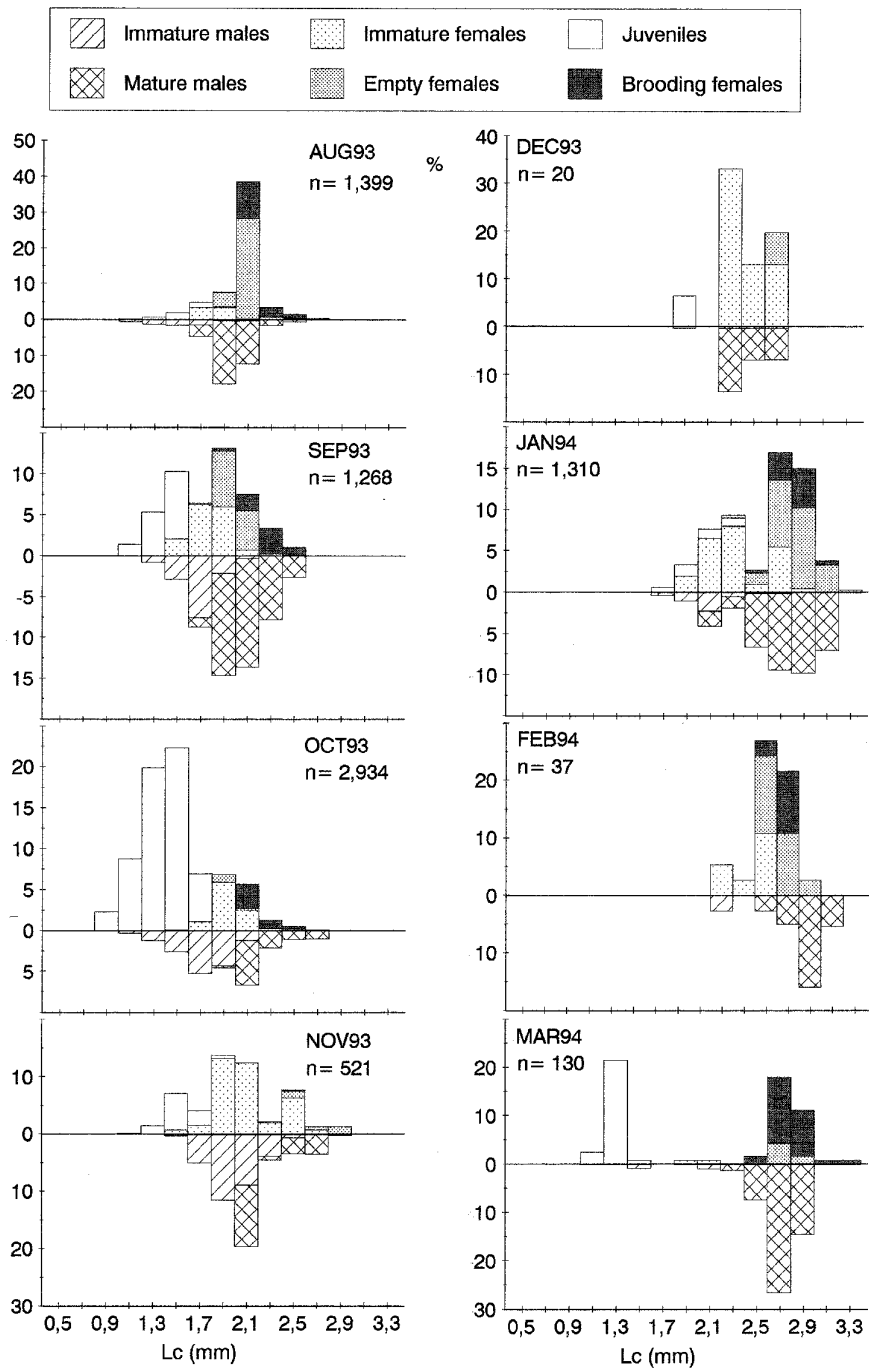


Figure 3. *Mesopodopsis slabberi*. Monthly distribution of carapace length.

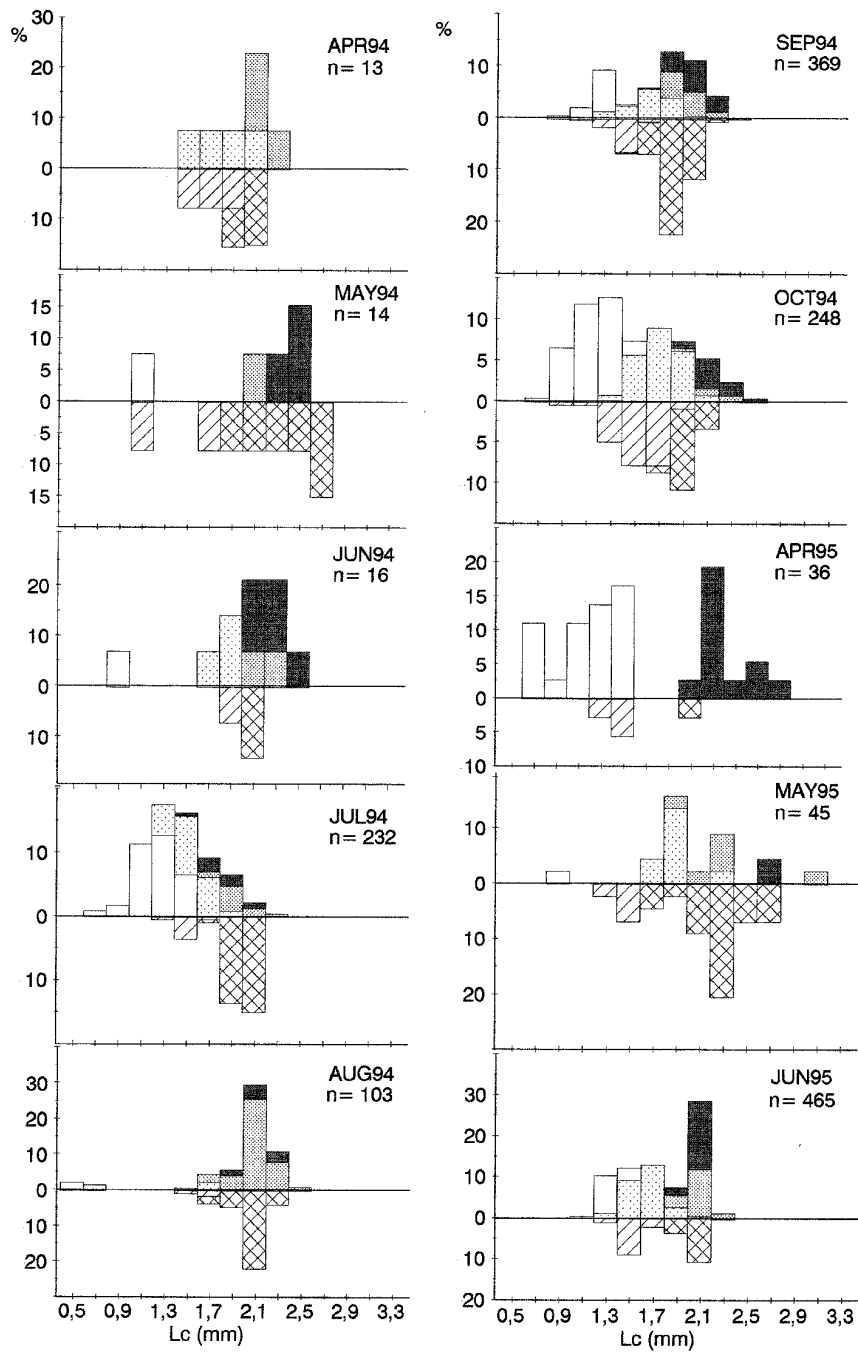


Figure 3. Continued.

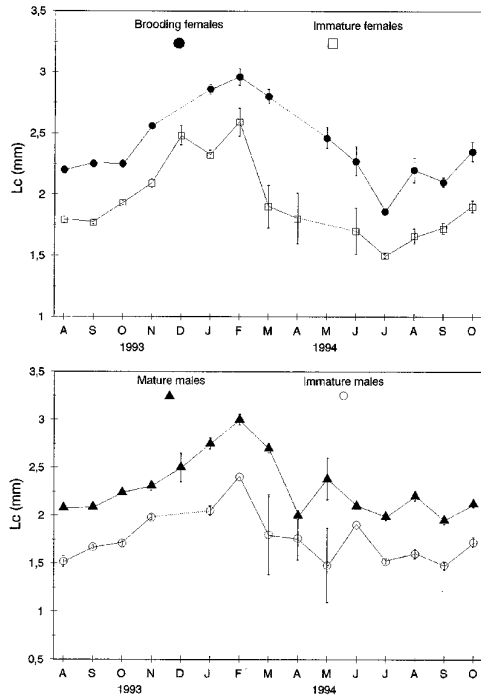


Figure 4. *Mesopodopsis slabberi*. Seasonal variation of the mean carapace length of immature and mature males (A), and immature and brooding females (B). Vertical bars indicate confidence interval (95%).

mature females reached a maximum in the spring and autumn (Table 1). Mature females from the winter (overwintering generation) were larger than those collected in the summer (Figure 4); the maximum mean size (L_c) of the brooding females and empty females was 2.96 ± 0.07 mm (observed in February 1994) and 2.8 ± 0.08 mm (observed in January 1994), respectively. The minimum mean size was 1.8 ± 0.02 mm and 1.9 ± 0.01 mm (observed in July 1994), for brooding females and empty females, respectively (Figure 4).

The overwintering generation bred until the end of the spring when it disappeared from the population and was replaced by smaller adult mysids (spring and summer generations). The smaller mature females bred throughout the summer and autumn until November (Figure 3). The percentage of individuals from the summer generation declined gradually during the autumn, and disappear in winter (Figure 3). No discrete generations were evident because of the intensive periods of breeding throughout the year.

Table 2. Differences in the number of embryos of the brooding females of *Mesopodopsis slabberi* from the north Atlantic and Mediterranean populations.

Stage of development	<i>n</i>	Mean	SD	Min.	Max.
Greenwood et al. 1989					
1	9	15.2	3.5	10	21
2	23	13.6	4.1	9	25
3	14	11.7	2.8	8	16
Present study					
1	141	5.1	2.7	1	14
2	133	5.3	3.1	1	22
3	87	3.5	2.2	1	11

Table 3. Differences in the size (in mm) of embryos of the brooding females of *Mesopodopsis slabberi* from the north Atlantic and Mediterranean populations.

Stage of development	<i>n</i>	Mean	SD	Min.	Max.
Greenwood et al., 1989					
1	27	0.63	0.09	0.45	0.95
2	49	1.04	0.12	0.60	1.30
3	19	1.51	0.13	1.12	1.80
Present study					
1	277	0.45	0.04	0.35	0.60
2	264	0.89	0.16	0.50	1.17
3	117	1.28	0.12	1.02	1.65

The number of embryos or larvae carried by the females of *Mesopodopsis slabberi* was related to the size of the female (L_c) (Figure 5): $\log N = 1.8705 \log L_c - 0.0985$ ($n = 361$, $r = 0.4097$, $P = 0.01$). Many females were found to be carrying only one egg. The highest number of eggs was 22, from a female of 3.25 mm in carapace length. The mean number of eggs was 4.8 ± 0.3 (C.I. 95%, $n = 361$).

The total length of young embryos (stage 1) ranged from 0.35 to 0.60 mm, with a mean value of 0.45 ± 0.004 mm (C.I. 95%, $n = 277$). Egg size (L_e) was related to the size of the female (Figure 6): $\log L_e = 0.3404 \log L_c - 0.482$ ($n = 277$, $r = 0.54205$, $P = 0.01$). Stage 2 larvae were longer than the previous stage; their total length ranged between 0.5 and 1.17 mm, with a mean value of 0.89 ± 0.02 mm (C.I. 95%, Table 3).

The total length of the intramarsupial larvae with eyes (stage 3) ranged from 1.02 to 1.65 mm, with a mean value of 1.28 ± 0.02 mm (Table 3).

The percentages of females carrying different stages of embryos or larvae are shown in Table 1. The

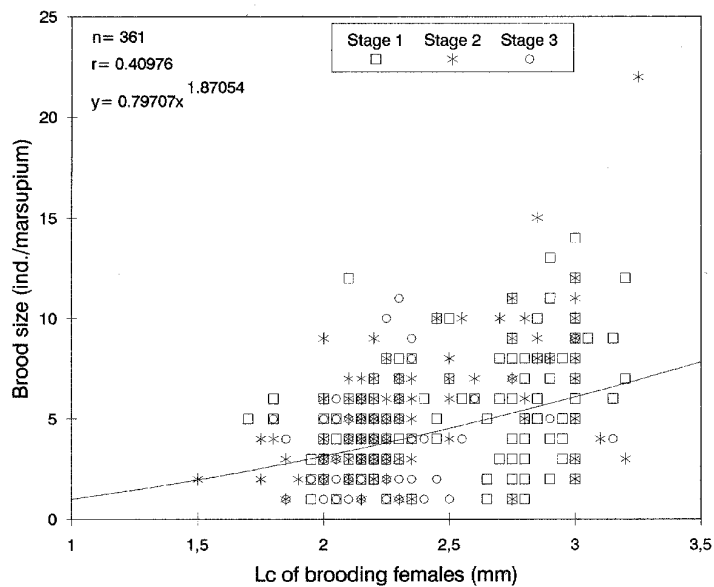


Figure 5. *Mesopodopsis slabberi*. Relationship between brood size and carapace length in the brooding females.

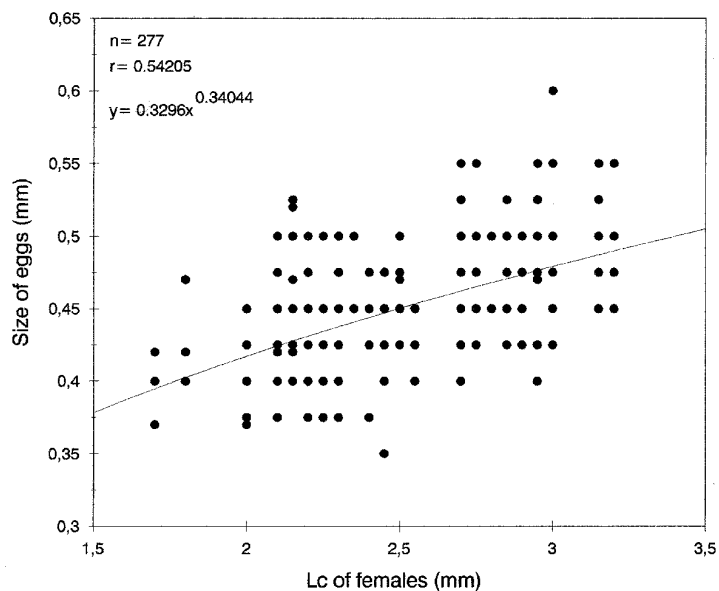


Figure 6. *Mesopodopsis slabberi*. Relationship between egg size (stage 1) and carapace length in the brooding females.

percentage of females with larvae in stage 3 was the lowest.

Discussion

The growth and longevity of the mysids clearly depend on latitude (Pezzack & Corey, 1979; Mauchline, 1980,

1985; Morgan, 1985; San Vicente & Sorbe, 1995; San Vicente, 1996). Many species in shallow littoral environments in temperate latitudes have several generations within the year and individual females within a generation may produce several successive broods (Pezzack & Corey, 1979; Mauchline, 1980). Therefore, the population consists of mixed age groups and overlapping generations. However, in the majority of species in temperate climates, individuals which mature in the summer are usually smaller than overwintering individuals (Mauchline, 1971a, 1971b; Pezzack & Corey, 1979; Wittmann, 1984; San Vicente & Sorbe, 1995). Consequently, the study of length frequency histograms of mature mysids often aids in the interpretation of the population biology (Mauchline, 1980). In the northwestern Mediterranean, the life history of *Mesopodopsis slabberi* may be interpreted as follows: the main recruitment phases were detected in spring, summer and autumn. The spring generation appeared in March, and the growth and sexual maturation of such individuals was quite fast. In the summer, there was a minimum of one or two generations. The mysids from the summer generation were clearly smaller than those from the winter generation; their number decreased in the autumn and they none recorded from the sampling area during winter. The autumn generation included the overwintering individuals, which reached a larger size than those from the summer generations. The number of mysids from the overwintering generation declined in May and disappeared completely in summer.

It can be concluded that the longevity of *Mesopodopsis slabberi* depends on the generation: those with the longest life expectancy approximately 7–8 months are members of the overwintering generation. Mauchline (1985) reported that the longevity of overwintering generations can be more than twice that of summer generations in species of temperate latitude (San Vicente & Sorbe, 1995).

The principal environmental factors influencing the reproductive cycle of crustaceans are water temperature, light cycle and food conditions (see Sastry, 1983). There is a tendency towards an extended reproductive season with decreasing latitude in shallow-water mysids species (Goodbody, 1965; Pezzack & Corey, 1979; Morgan, 1985). Mauchline (1980) showed the relationship between the reproduction period of mysids and latitude; mysid species from latitudes of approximately 40° usually breed more or less continuously, with periods of seasonal maxima throughout the year. However, mysid populations stop breeding in

several parts of the Mediterranean due to large differences between winter and summer temperatures (Wittmann, 1984). Colosi (1929; in Macquart-Moulin, 1965) reported the presence of brooding females of *Mesopodopsis slabberi* in the Gulf of Naples during February, August, and October. Macquart-Moulin (1965) noted the presence of brooding females in the north-western Mediterranean throughout the year. The population of *M. slabberi* from the Ebre delta showed almost continuous reproduction throughout the year; the maximum percentage of brooding females appeared in spring and autumn, and the minimum percentage in winter. In contrast, Fage (1932; in Macquart-Moulin, 1965) noted the presence of brooding females in the north Atlantic from June–October.

The number of eggs produced per female increases with female size in *Mesopodopsis slabberi*, as in many other mysids (Mauchline, 1980). Macquart-Moulin (1965) reported a range of 5–20 embryos per female (mean brood size 8.8). In the present study, *M. slabberi* had a minimum of 1 embryo or larva and a maximum of 22 embryos (mean brood size 4.8). In southern Britain, *M. slabberi* appears to be more fecund than in the Mediterranean Sea (Greenwood et al., 1989) (Table 2). Large differences in brood sizes between populations of mysids have been reported in other species such as *Praunus inermis* (Mauchline, 1965), *Neomysis integer* (Mauchline, 1971a), and *N. americana* (Wigley & Burns, 1971; Pezzack & Corey, 1979). Brood number in other *Mesopodopsis* species is lower than that of *M. slabberi*: *M. orientalis* (W. M. Tattersall) has a maximum of 9 embryos (Nair, 1939) and *M. zeylanica* Nouvel a maximum of 4 (Greenwood et al., 1989).

The mean embryo size obtained from *M. slabberi* is consistent with that reported for many other epipelagic mysids (Mauchline, 1973; Wittmann, 1984). However, the size range for each stage is lower than that of *M. slabberi* in southern Britain (Greenwood et al., 1989) (as shown in Table 3). The relationship between egg size and carapace length of the brooding females has previously been found in several mysid species including *Leptomysis gracilis*, *L. lingvura*, *Neomysis integer*, *Paramysis arenosa*, *Praunus flexuosus*, *Schistomysis assimilis*, *S. parkeri*, and *S. kervillei* (Mauchline, 1973; San Vicente & Sorbe, 1993; San Vicente, 1996).

Mauchline (1973) remarked that the mean percentage of females carrying different types of embryos or larvae (stages 1, 2 and 3) should reflect the duration of each stage of development. However, the present results (44.9%, 41.9%, and 13.1%) do not agree with

those of Greenwood et al. (1989): the estimated brood pouch development time for *Mesopodopsis slabberi* embryos at 15 °C is 4, 6, and 3 days for stages 1, 2 and 3, respectively (Greenwood et al., 1989).

Acknowledgments

Thanks are due to Direcció General del Medi Natural, Generalitat de Catalunya (Catalonia government).

References

- Bacesco, M., 1941. Les Mysidacés des eaux roumaines. *Trav. Stat. Zool. Mar. Agigea* 5: 453–804.
- Bamber, R. N. & P. A. Henderson, 1994. Seasonality of caridean decapod and mysid distribution and movements within the Severn Estuary and Bristol Channel. *Biol. J. Linn. Soc.* 51: 83–91.
- Chinchilla, M. & F. A. Comín, 1977. Contribució al coneixement dels crustacis del delta de l'Ebre. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* 8: 119–144.
- Comín, F. A., 1982. Seasonal changes of phytoplankton in three coastal lagoons of the Ebro Delta in relation to environmental factors. *Oceanol. Acta* 4: 259–267.
- Comín, F. A., 1984. Característiques físiques i químiques i fitoplàncton de les lagunes costeres, Encañizada, Tancada y Buda (Delta del Ebro). *Oecologia aquat* 7: 79–162.
- Comín, F. A., M. Menéndez & J. R. Lucena, 1990. Proposals for macrophyte restoration in eutrophic coastal lagoons. *Hydrobiologia* 200/201: 427–436.
- Gomoiu, M. T., 1978. Qualitative data concerning the distribution and ecology of the *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden) of the Danube River mouth area. *Cercet. mar.* 11: 103–112.
- Goodbody, I., 1965. Continuous breeding in populations of two tropical crustaceans, *Mysidium columbiae* (Zimmer) and *Emerita portoricensis* Schmidt. *Ecology* 46: 195–197.
- Greenwood, J. G. M. B. Jones & J. Greenwood, 1989. Salinity effects on brood maturation of the mysid crustacean *Mesopodopsis slabberi*. *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 69: 683–694.
- Jerling, H. L. & T. H. Wooldridge, 1995. Feeding of two mysids species on plankton in a temperate South African estuary. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 188: 243–259.
- Macquart-Moulin, C., 1965. Les Mysidacés benthos-planctoniques du golfe de Marseille. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume* 54: 129–253.
- Mauchline, J., 1965. Breeding and fecundity of *Praunus inermis* (Crustacea, Mysidacea). *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 45: 663–671.
- Mauchline, J., 1971a. The biology of *Neomysis integer* (Crustacea, Mysidacea). *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 51: 347–354.
- Mauchline, J., 1971b. The biology of *Schistomysis kervillei* (Crustacea, Mysidacea). *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 51: 653–658.
- Mauchline, J., 1973. The broods of British Mysidacea (Crustacea). *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 53: 801–817.
- Mauchline, J., 1980. The biology of Mysids and Euphausiids. In Blaxter, J. H. S., F. S. Russell & M. Yonge (eds), *Advances in Marine Biology*, 18. Academic Press, London, 681 pp.
- Mauchline, J., 1985. Growth in mysids and euphausiids. In Wenner, A. M. (ed.), *Factors in adult growth*, Crustacean issues 3. A. A. Balkema, Rotterdam: 337–354.
- Moffat, A. M. & M. B. Jones, 1993. Correlation of the distribution of *Mesopodopsis slabberi* (Crustacea, Mysidacea) with physico-chemical gradients in a partially-mixed estuary (Tamar, England). *Netherlands J. aquat. Ecol.* 27: 155–162.
- Morgan, M. D., 1985. Growth and its relationship to reproduction in *Mysis relicta*. In Wenner, A. M. (ed.), *Factors in Adult Growth*, Crustacean Issues 3, A. A. Balkema, Rotterdam: 235–250.
- Nair, K. B., 1939. The reproduction, oogenesis and development of *Mesopodopsis orientalis* Tatt. *Proc. Indian Acad. Sci.* 9: 175–223.
- Pezzack, D. S. & S. Corey, 1979. The life history and distribution of *Neomysis americana* (Smith) (Crustacea, Mysidacea) in Passamaquoddy Bay. *Can. J. Zool.* 57: 785–793.
- Pillai, N. K., 1968. A revision of the genus *Mesopodopsis* Czerniavsky (Crustacea: Mysidacea). *J. zool. Soc. India* 20: 6–24.
- Ruiz, I., 1995. Biología y ecología trófica de *Pomatoschistus microps* (Kroyer, 1838) en el Delta del Ebro. Ph.D. thesis. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- San Vicente, C. & J. C. Sorbe, 1993. Biologie du Mysidacé suprabenthique *Schistomysis parkeri* Norman, 1892 dans la zone sud du Golfe de Gascogne (plage d'Hendaye). *Crustaceana* 65: 222–252.
- San Vicente, C. & J. C. Sorbe, 1995. Biology of the suprabenthic mysid *Schistomysis spiritus* (Norman, 1860) in the southeastern part of the Bay of Biscay. *Sci. Mar.* 59: 71–86.
- San Vicente, C., 1996. Contribució al coneixement de les comunitats i poblacions suprabentòniques en hàbitats seleccionats del litoral del Golf de Vizcaya y del Mediterráneo noroccidental. Ph.D. thesis. Universitat de Barcelona. Barcelona, 455 pp.
- Sastry, A. N., 1983. Ecological aspects of reproduction. In Bliss, D. E. (ed.), *The Biology of Crustacea*, 8. F. J. Vernberg & W. B. Vernberg (eds), *Environmental Adaptations*. Academic Press, New York: 179–270.
- Tattersall, W. M. & O. S. Tattersall, 1951. *The British Mysidacea*. R. Soc., London, 460 pp.
- Webb, P., R. Perissinotto & T. H. Wooldridge, 1987. Feeding of *Mesopodopsis slabberi* (Crustacea, Mysidacea) on naturally occurring phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38: 115–123.
- Webb, P. & T. H. Wooldridge, 1989. Diet elucidation: Supplementary inferences from mysid feeding appendage morphology. *S. Afr. J. Zool.* 24: 106–109.
- Webb, P. & T. H. Wooldridge, 1990. Diel horizontal migration of *Mesopodopsis slabberi* (Crustacea: Mysidacea) in Algoa Bay, southern Africa. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 73–78.
- Wigley, R. L. & B. R. Burns, 1971. Distribution and biology of mysids (Crustacea: Mysidacea) from the Atlantic coast of the United States in the NMFS Woods Hole collection. *Fish. Bull.* 69: 717–746.
- Wittmann, K. J., 1984. Ecophysiology of marsupial development and reproduction in Mysidacea (Crustacea). *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 22: 393–428.
- Wittmann, K. J., 1992. Morphogeographic variations in the genus *Mesopodopsis* Czerniavsky with descriptions of three new species (Crustacea, Mysidacea). *Hydrobiologia* 241: 71–89.
- Wooldridge, T. H., 1983. Ecology of beach and surf-zone mysid shrimps in the eastern Cape, South Africa. In McLachlan, A. & T. Erasmus (eds), *Sandy Beaches and Ecosystems*. Dr W. Junk Publishers, The Hague: 449–460.
- Wooldridge, T. H. & P. Webb, 1988. Predator-prey interactions between two species of estuarine mysid shrimps. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 50: 21–28.

The Gammaridea (AMPHIPODA) fauna in a Mediterranean coastal lagoon:
considerations on population structure and reproductive biology .

Lidia Delgado, Guillermo Guerra and Carles Ribera

Fauna Gammaridea (Amphipoda) en una llacuna costanera: consideracions sobre l'estructura de les poblacions i la biologia reproductiva

Durant dos anys, es van recollir mostres mensuals en l'Encanyissada, llacuna costanera del Delta de l'Ebre, (N.W. Mar Mediterrani) per investigar alguns aspectes de la reproducció i de l'estructura de les poblacions de les espècies dominants d'amfípodes. Es van recollir un total de 23 espècies de Gammaridea, però només tres espècies van ser freqüents i abundants en les mostres: *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), *Gammarus aequicauda* (Martinov, 1931), i *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855). L'abundància (CPUE) de les tres espècies va mostrar una variació estacional, amb màxims a la tardor-hivern i mínims a l'estiu, i amb la sex-ràtio a favor de les femelles.

L'activitat reproductora de *M. insidiosum* és alta a l'hivern i probablement contínua durant tot l'any; la mida de la posta està relacionada amb la mida de la femella (rang 1-36, mitjana de 10,2); la longitud total de les femelles ovígeres és de 1,8-6,0 mm; la taxa de creixement estimada és de 14-43 micres/dia.

G. aequicauda és l'espècie més abundant en les mostres; la seva taxa de creixement estimada és de 21-99 micres per dia. L'activitat reproductora és contínua durant tot l'any, i la mida de la posta també està relacionada amb la mida de la femella (rang 1-87, mitjana 23,6); la longitud total de les femelles ovígeres oscil·la entre 5,0 i 12,0 mm.

L'activitat reproductora d'*E. brasiliensis* és molt similar a la de *M. insidiosum*; la mida de la posta també està relacionada amb la mida de les femelles, però el nombre mitjà d'ous és menor que en *M. insidiosum* (valor de 7,7, 1-24 de mitjana); la longitud total de les femelles ovígeres 1,7-5,6 mm; la seva taxa de creixement estimada és de 20-56 micres/dia.

THE GAMMARIDEA (AMPHIPODA) FAUNA IN A MEDITERRANEAN COASTAL LAGOON: CONSIDERATIONS ON POPULATION STRUCTURE AND REPRODUCTIVE BIOLOGY

BY

LÍDIA DELGADO¹), GUILLERMO GUERAO^{2,3}) and CARLES RIBERA¹)

¹) Departament de Biologia Animal (Artròpodes), Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Avinguda Diagonal 645, E-08028 Barcelona, Spain

²) Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Unitat de Cultius Experimentals, E-43540 Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, Spain

ABSTRACT

For two years, monthly samples were collected in Encanyissada coastal lagoon (Ebro Delta, N.W. Mediterranean Sea) to investigate certain aspects of the population structure and reproductive biology of the dominant species of amphipods. A total of 23 species of Gammaridea was collected, but only three species are frequent and abundant in the samples: *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931), and *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855). The abundance (CPUE) of all three species showed seasonal variation, with highs in autumn-winter and lows in summer, and with sex ratios favouring females. The breeding activity of *M. insidiosum* is high in winter and probably continuous throughout the year; brood size is related to the size of the female (range 1-36, mean value 10.2); total body length of ovigerous females ranged from 1.8 to 6.0 mm; the estimated growth rate was 14-43 $\mu\text{m d}^{-1}$. *G. aequicauda* is the most regular species in the samples; its estimated growth rate was 21-99 $\mu\text{m d}^{-1}$; breeding activity is continuous throughout the year, and brood size was also related to female size (range 1-87, mean value 23.6); total body length of ovigerous females ranged from 5.0 to 12.0 mm. The breeding activity of *E. brasiliensis* is very similar to that shown by *M. insidiosum*; brood size was also related to female size, but the mean number of eggs is lower than in *M. insidiosum* (mean value 7.7, range 1-24); total body length of ovigerous females ranged from 1.7 to 5.6 mm; its estimated growth rate was 20-56 $\mu\text{m d}^{-1}$.

RESUMEN

Durante dos años, se ha realizado un muestreo mensual en la laguna costera de la Encanyissada (Delta del Ebro, NO Mediterráneo) con la finalidad de investigar ciertos aspectos de la estructura poblacional y la biología reproductiva de las especies dominantes de anfípodos. Un total de 23 especies de Gammaridea fueron capturadas, pero sólo tres fueron frecuentes y abundantes en las

³) Corresponding author; e-mail: guillermo.guerao@irta.cat

muestras: *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) y *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855). La abundancia (CPUE) de las tres especies muestra variación estacional, siendo máxima en otoño-invierno y mínima en verano. En las tres especies, las hembras son más abundantes que los machos. La actividad reproductora de *M. insidiosum* es alta en invierno y probablemente continua durante todo el año; el tamaño de la puesta está correlacionado con el tamaño de la hembra (rango 1-36; valor medio 10,2); la longitud total de las hembras ovígeras es de 1,8 a 6,0 mm; la tasa de crecimiento estimada para esta especie es de $14-43 \mu\text{m d}^{-1}$. *G. aequicauda* es la especie más regular en las muestras; la tasa de crecimiento para esta especie es $21-99 \mu\text{m d}^{-1}$; la actividad reproductora es continua durante todo el año, y el tamaño de las puesta está relacionada con la talla de la hembra (rango 1-87, valor medio 23,6); la longitud de las hembras ovígeras es de 5,0 a 12,0 mm. La actividad reproductora de *E. brasiliensis* es similar a la de *M. insidiosum*; el tamaño de las puesta también está relacionada con el tamaño de la hembra, pero el número medio de huevos por cada hembra es menor que en *M. insidiosum* (rango 1-24, valor medio 7,7); la longitud de las hembras ovígeras es 1,7-5,6 mm; la tasa de crecimiento para esta especie es de $20-56 \mu\text{m d}^{-1}$.

INTRODUCTION

The Ebro Delta, the third largest delta in the Mediterranean Sea (320 km²) only behind those of the rivers Nile and Rhone, is a site of high economic and environmental impact, and with a variety of wetlands: shallow coastal waters, sandy beaches and dunes, lagoons, freshwater marshes, and freshwater pools fed by groundwater springs (Valdemoro et al., 2007). It is an estuarine environment influenced by rice growing; agricultural practice regulates the hydrological cycles of the system and plays a vital role in its biological dynamics and productivity, inducing periods of desalinization and salinization that are inverted in comparison with natural estuaries (Camp & Delgado, 1987; Menéndez & Comín, 2000; Menéndez et al., 2002). The Encanyissada lagoon is a small (5.5 km²) and shallow, eutrophic coastal lagoon. It is the largest lagoon in the Ebro Delta, lying in the Natural Park on the right-hand semi-delta of the Ebro Delta as a whole (Comín, 1984; Forés et al., 2002). The lagoon comprises a fluctuating ecosystem that receives drainage water from irrigated lowland rice fields from April to October (Camp & Delgado, 1987).

In the Ebro Delta, and in the western Mediterranean in general, amphipod communities have received little attention, with only a few works published on the topic. Hence, also little information exists on the species composition and distribution of amphipods in the Ebro Delta ecosystems (Chinchilla & Comín, 1977; Forés et al., 1986; Comín et al., 1990), but population dynamics and reproduction have not been studied for any amphipod species in the area. Additionally, the factors determining the pattern and distribution of the crustacean fauna in the Ebro Delta system are not yet sufficiently known, because of its considerable complexity, and the large variability in several abiotic and biotic parameters (Comín, 1984; Camp & Delgado, 1987; Menéndez & Comín, 2000; Menéndez et al., 2002).

The aim of the present study is to contribute to the knowledge of the biodiversity of the Amphipoda, and especially of the population structure and reproductive biology of the dominant species in the Encanyissada lagoon system. The present work thus contributes to the knowledge of the gammaridean Amphipoda of the Mediterranean coast.

MATERIAL AND METHODS

The study site is located in the Encanyissada lagoon (Ebro Delta; 40°37'N 0°36'E) on the Spanish Mediterranean coast (fig. 1). Encanyissada lagoon is very shallow (80 cm average depth, 120 cm maximum depth) and is surrounded by halophytes and freshwater vegetation (*Phragmites* sp., *Scirpus* sp., etc.) (Comín & Ferrer, 1979; Comín et al., 1990; Delgado et al., 1997; Forés et al., 2002). Because of the freshwater inflow, salinity decreases during summer and autumn (Comín et al., 1987). Temperatures range from 3°C in winter to 28°C in summer (Comín, 1984; Comín et al., 1990) and the mean temperature of the air ranges from 10°C

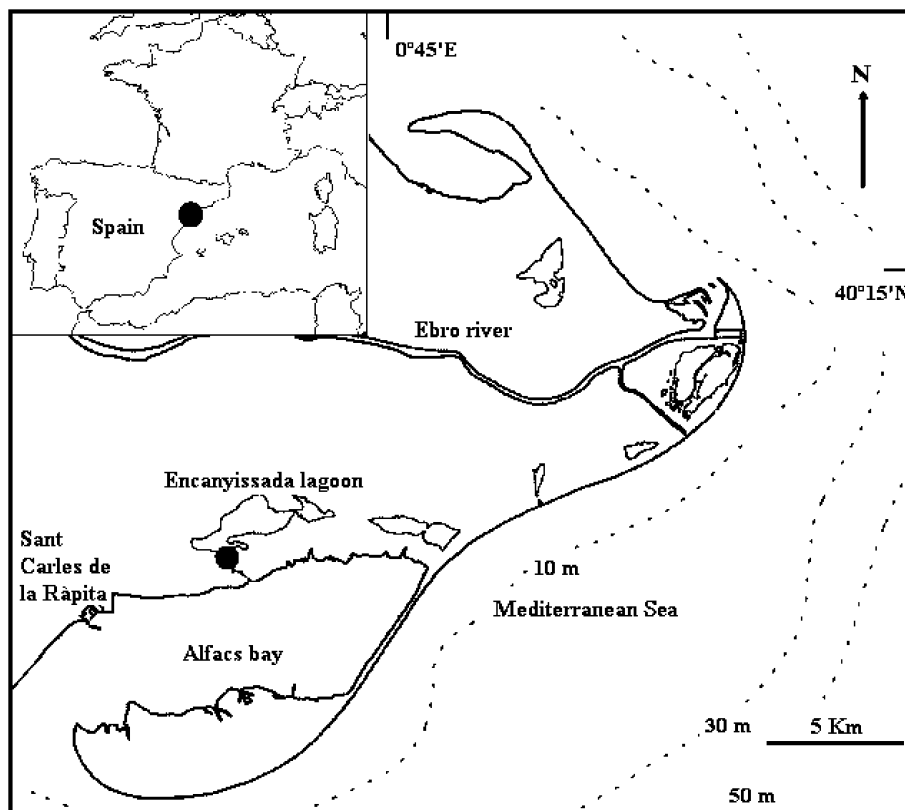


Fig. 1. Geographic location of the sampling area.

in winter to 27°C in summer. Morphometric and hydrologic characteristics of the lagoon were reported by Comín et al. (1990).

Daily sampling was carried out nearshore, close to communication channel between Encanyissada lagoon and Alfacs Bay, along a 20 m transect. Collection was done with a hand-held net with a mesh size of 500 μm and a mouth aperture of 35 cm diameter. Data for semi-quantitative comparisons were treated as catch-per-unit-effort (CPUE), which is defined as the number of individuals collected per transect. The same effort was used during each sampling session. Monthly samples were taken from August 1993 to June 1995. Salinity and temperature were measured twice a day (6:00 a.m. and 4:00 p.m.) in situ, with a calibrated portable conductivity meter.

Amphipods were sorted from debris and preserved in 70% ethanol. The body length (BL) of each individual was measured from the tip of the rostrum to the posterior end of the telson with an accuracy of 0.01 mm. Individuals were identified at specific level, counted, and classified into one of five population categories based on sexual characteristics: (1) juveniles (secondary sexual characteristics absent); (2) mature males (secondary sexual characteristics completely developed); (3) mature females (secondary sexual characteristics completely developed); (4) empty females (marsupium present but no eggs carried); (5) brooding females (mature females with eggs or young in the marsupium).

The Shannon–Weaver diversity index was calculated, on a monthly basis, as follows: $H' = -\sum p_i \ln p_i$ (p_i is the proportional abundance of the i th species).

Sex ratio values were determined as the number of males divided by the total number of adults. The degree of significance of the results obtained for both sexes was established monthly by the Chi-square test (χ^2) at a significance level of $P < 0.05$.

The polymodal frequency distribution was analysed with the FISAT program (Gayanilo et al., 1995), in samples for which a sufficient number of individuals could be found to perform modal analysis.

Fecundity was derived directly from the number of eggs (BS) carried by ovigerous females of different sizes, and was analysed using regression analysis. The non-parametric Spearman's Rank correlation coefficient (ρ) was used to determine the correlation between abundance (CPUE) and environmental water parameters and the abundance of the co-occurring Peracarida fauna. This statistical analysis is appropriate for variables not normally distributed.

The half-range of mature female body length ratio (HMFLr) was calculated as:

$$\text{HMFLr} = (\text{BL}_{\text{max}} - \text{BL}_{\text{m}}) / \text{BL}_{\text{m}}$$

where BL_{max} is the maximum length for ovigerous females and BL_{m} is the mean length of ovigerous females. The HMFLr ratio was intended to serve as an index

of the number of broods produced by females when the preparatory stage does not exist, and females apparently grow at each moult, and broods are carried by each mature instar (Sainte-Marie, 1991). The fecundity index was calculated as $IF = BS_m \cdot HMFLr$, where BS_m is the mean brood size.

RESULTS

Temperature and salinity values in the researched area during the whole study period are shown in fig. 2A. Water temperature at the sampling location varied from 8°C in December 1994 to 30°C in August 1994. Air temperature ranged from 5.9°C in January 1994 to 30°C in August 1994. Salinity fluctuated greatly, even during the day, depending on the predominant flow either inward, or outward of Alfacs Bay; salinity ranged from 4‰ in December 1993 to 37‰ in December 1993, and January 1994 and 1995. Fresh water flows in from rice fields during April–October, causing a decrease in salinity as compared with that of the winter period (fig. 2A).

A total of 4,704 Gammaridea belonging to 23 species was collected at the study site (table I). Abundance and population composition were very irregular throughout the year; the Shannon–Weaver diversity index (H') emphasized the strong seasonal differences (fig. 2B, table I). H' values varied between 0.00 and 1.43, and are significantly positively correlated with salinity, especially with the minimal salinity ($\rho = 0.716$; $P < 0.001$). Only three species were abundant in most samples: *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931), and *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855). The CPUE of these three species showed quite similar trends in seasonal variation (fig. 2C); a significant correlation was recorded between the abundance of *Monocorophium insidiosum* and *Gammarus aequicauda* ($\rho = 0.593$; $P < 0.05$), *M. insidiosum* and *Erichthonius brasiliensis* ($\rho = 0.812$; $P < 0.005$), and between the abundance of *G. aequicauda* and *E. brasiliensis* ($\rho = 0.654$; $P < 0.05$). The abundance of these three sympatric species thus increased quite synchronously in autumn–winter, followed by a strong decrease in the subsequent spring (fig. 2C). The maximum number of individuals of *M. insidiosum* was captured in March–April and November–December, of *G. aequicauda* in November–December, and of *E. brasiliensis* in March–April. There was a significant correlation between the CPUE for *M. insidiosum* and salinity ($\rho = 0.524$; $P < 0.05$) and temperature ($\rho = -0.622$; $P < 0.005$). Similarly, there is a significant negative correlation between the abundance of *G. aequicauda* and temperature ($\rho = -0.430$; $P < 0.05$).

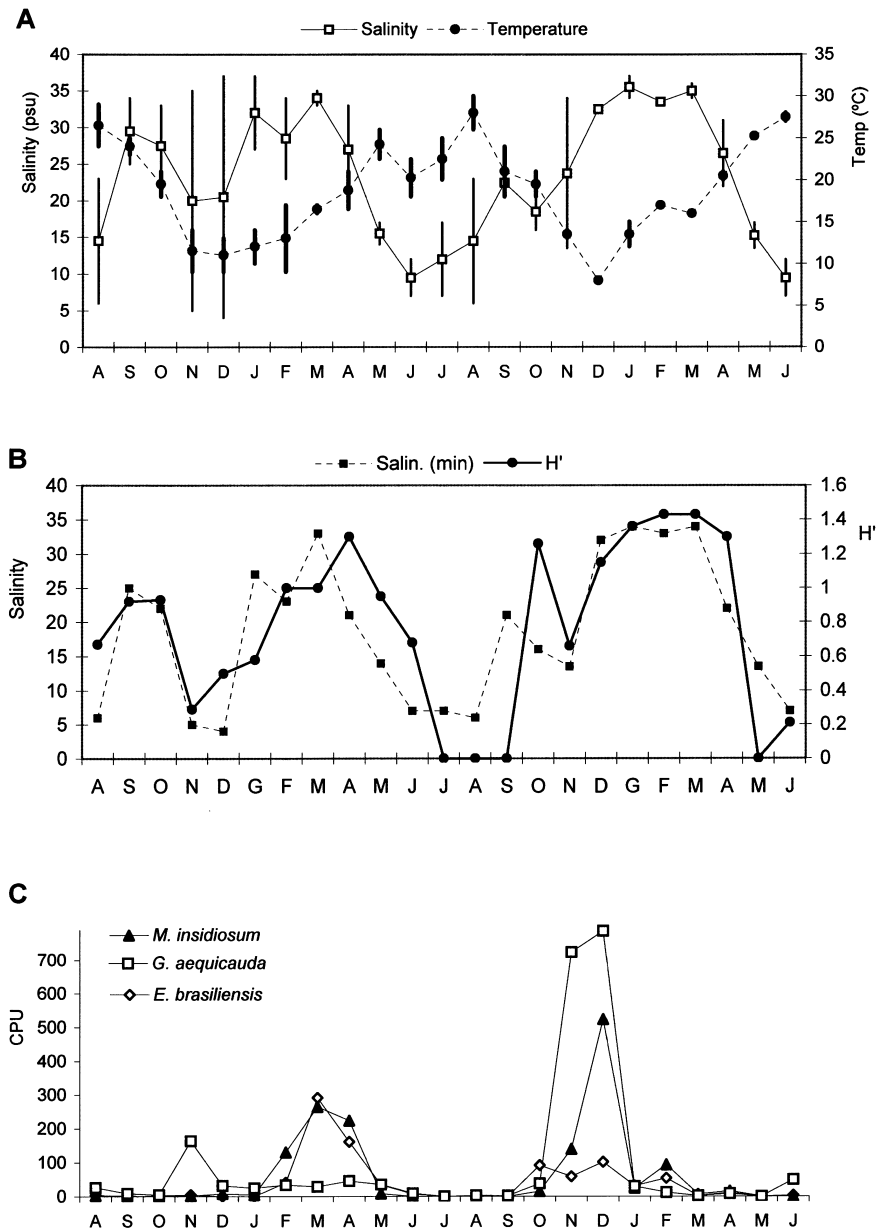


Fig. 2. A, monthly mean values of the salinity and temperature during the sampling period: dots, mean values; bar lines, difference between the maximum and minimum values; B, relationship between monthly fluctuations of minimal salinity and diversity; C, monthly variation in population density (CPUE) of *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931), and *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855).

TABLE I
 Monthly abundance of gammaridean amphipods by species, captured during the study period (August 1993 to June 1995) with the monthly H' values; #, previously cited species in the Ebro Delta (see Chinchilla & Comín, 1977); *, presence of ovigerous females

Months	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
Species																								
<i>Ampithoe riedli</i> Schickel, 1968				1	1	1			11*					31*		50*			13*				2	
<i>Aora spinicornis</i> Afonso, 1976																1								
<i>Aora gracilis</i> (Bate, 1857)								5											3					
<i>Aylus guttatus</i> (Costa, 1851)	1																	2						
<i>Aylus massiliensis</i>								2																
Bellan-Santini, 1975																								
<i>Corophium acherusicum</i> Costa, 1857							3																	
<i>Corophium acutum</i>																							1	
Chevreaux, 1908 #																								
<i>Corophium sextonae</i> Hurley, 1954																			2					
<i>Corophium volutator</i> (Pallas, 1766) #																	9							
Dexamine sp. #																								
<i>Elasmopus rapax</i> Costa, 1853 #							1	18*	2										3*	1	4*			
<i>Erichthonius brasiliensis</i> (Dana, 1855) #	4*	3	5				36*	292*	161*	34*	7			92*	59*	102*	29*	54*	2	11*		3		
<i>Erichthonius difformis</i> H. Milne Edwards, 1830 #								1	4															
<i>Erichthonius punctatus</i> (Bate, 1857)									2															

TABLE I
(Continued)

Months	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931) #	26*	9	5*	164*	32*	25*	34*	29*	46*	35*	9*	3	2	38*	724*	787*	30*	12	2	8*	50*			
<i>Ischyrocerus</i> sp.								4*	1*									5						
<i>Jassa marmorata</i> Holmes, 1903																								
<i>Lembos</i> sp.				2*																				
<i>Melitta palmata</i> (Montagu, 1804)																	4							
<i>Microdeutopus algicola</i> Della Valle, 1893									3*						2									
<i>Microdeutopus bifidus</i> Myers, 1977															1									
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853 #	2								2								43*		3					
<i>Monocorophium insidiosum</i> (Crawford, 1937) #	3	2	1	2*	8	5	131*	265*	233*	8*				15	140*	525*	25*	94*	6	16*				
Shannon-Weaver index (H')	0.67	0.92	0.94	0.29	0.50	0.58	0.99	1.00	1.30	0.95	0.68	0	0	1.26	0.66	1.15	1.36	1.43	1.43	1.30	0	0.21		

Monocorophium insidiosum

M. insidiosum was found in all months, except from June to September 1994, and in the May and June 1995 samples; the highest numbers were found in March and December 1994 (fig. 2C, table I). A total of 420 males and 590 females were captured, and the mean size of males ($BL_m = 2.60 \pm 0.68$ mm) was not significantly different from the mean size of females ($BL_m = 2.58 \pm 0.73$ mm). Maximum size was observed in specimens collected in December 1994: 5.6 mm and 6.0 mm BL for males and females, respectively. Males and females became distinguishable at roughly >1.5 mm; minimum size was observed in specimens collected in April 1994: 1.4 mm and 1.3 mm BL for males and females, respectively. The minimum size (BL_{min}) for juveniles was 0.6 mm and the mean was 1.08 ± 0.26 mm. The mean size for recently hatched juveniles (inside the marsupium) was 0.76 ± 0.06 mm.

The sex ratio fluctuated throughout the study period; monthly sex ratio values were significantly different from 0.5 in winter and spring. However, females outnumbered males in all samples except in August and September 1993, and in December, January, and February 1994 (fig. 3).

The monthly size-frequency distribution of *M. insidiosum* is illustrated in fig. 4. Two to five cohorts could be identified during a year (February 1994–February 1995); growth rate was $14\text{--}43 \mu\text{m d}^{-1}$ (table II). Ovigerous females were recorded in autumn, winter, and spring (figs. 4, 7). The percentage of ovigerous females reached a high in February 1994 (85% of total females) and a low in January 1995 (16%) (figs. 4, 7). Juveniles were abundant in all samples ($>12\%$ of the total sample) except from September to November 1993, and in January 1994 (figs. 4, 7). The percentage of juveniles reached a high in January 1995 (64%).

The number of eggs carried by *M. insidiosum* females was related to their size (fig. 8): $BS = 0.7496 BL^{2.122}$ ($n = 192$; $r = 0.530$; $P < 0.005$). The mean number of eggs (BS_m) was 10.2 ± 7.9 (range: 1–36). The minimum size of an ovigerous female was 1.8 mm, with 20 embryos; the mean total body length of ovigerous females was 3.1 ± 0.60 mm (table III). The length of the long axis of the eggs varied from 0.23 to 0.45 mm, with a mean value of 0.30 ± 0.04 mm ($n = 1,959$). Seasonal differences in egg size, or a relationship between egg size and the size of ovigerous females, were not observed.

Gammarus aequicauda

G. aequicauda was found in all months except in the July 1994 and May 1995 samples; the highest numbers were found in November and December 1994. Similarly to *M. insidiosum*, the abundance of this species varied markedly during the sampled period (fig. 2C, table I). A total of 333 males and 1,103

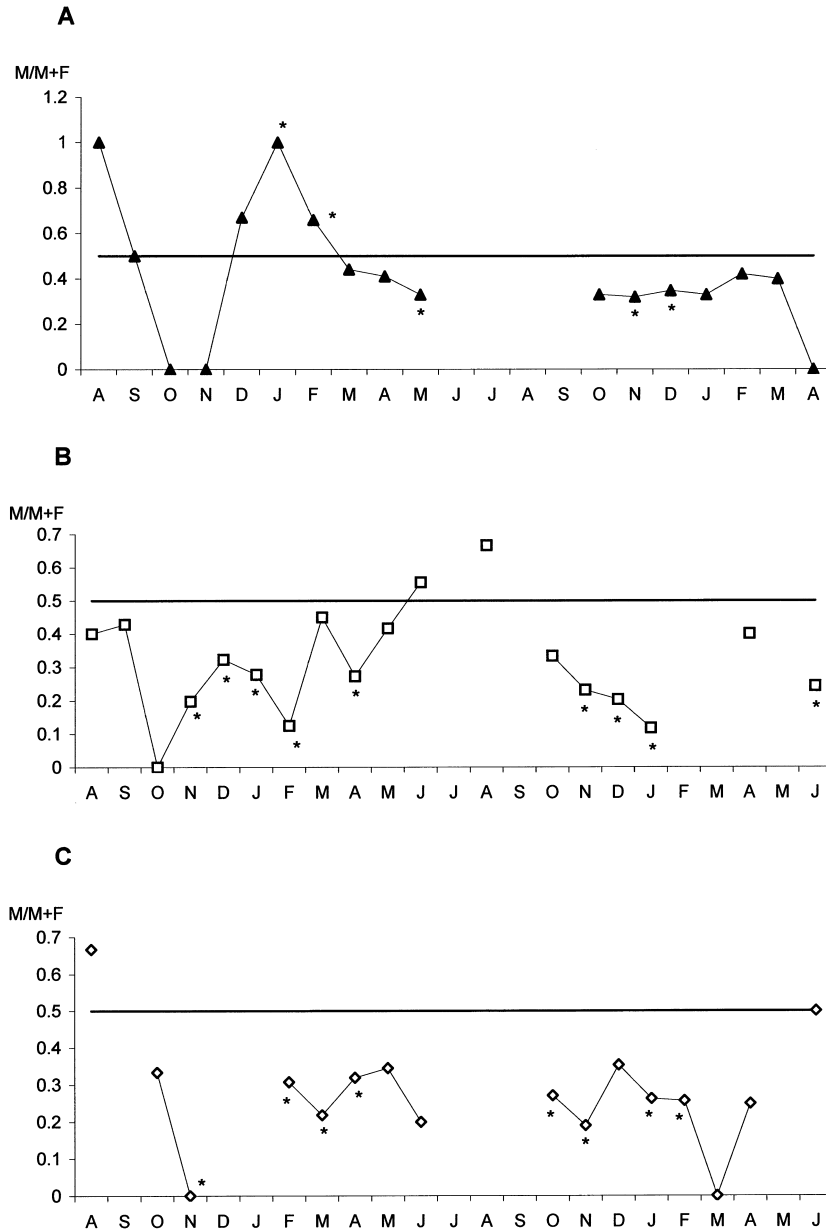


Fig. 3. Monthly variation in sex ratio: A, *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937); B, *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931); and, C, *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855); *, significantly different from 0.5 ($P < 0.05$).

females were captured. Males reached larger sizes than females (BL_m of males = 7.18 ± 2.37 mm; BL_m of females = 5.08 ± 1.71 mm; $P < 0.05$). Maximum size was observed in specimens collected in August 1993 and December 1994:

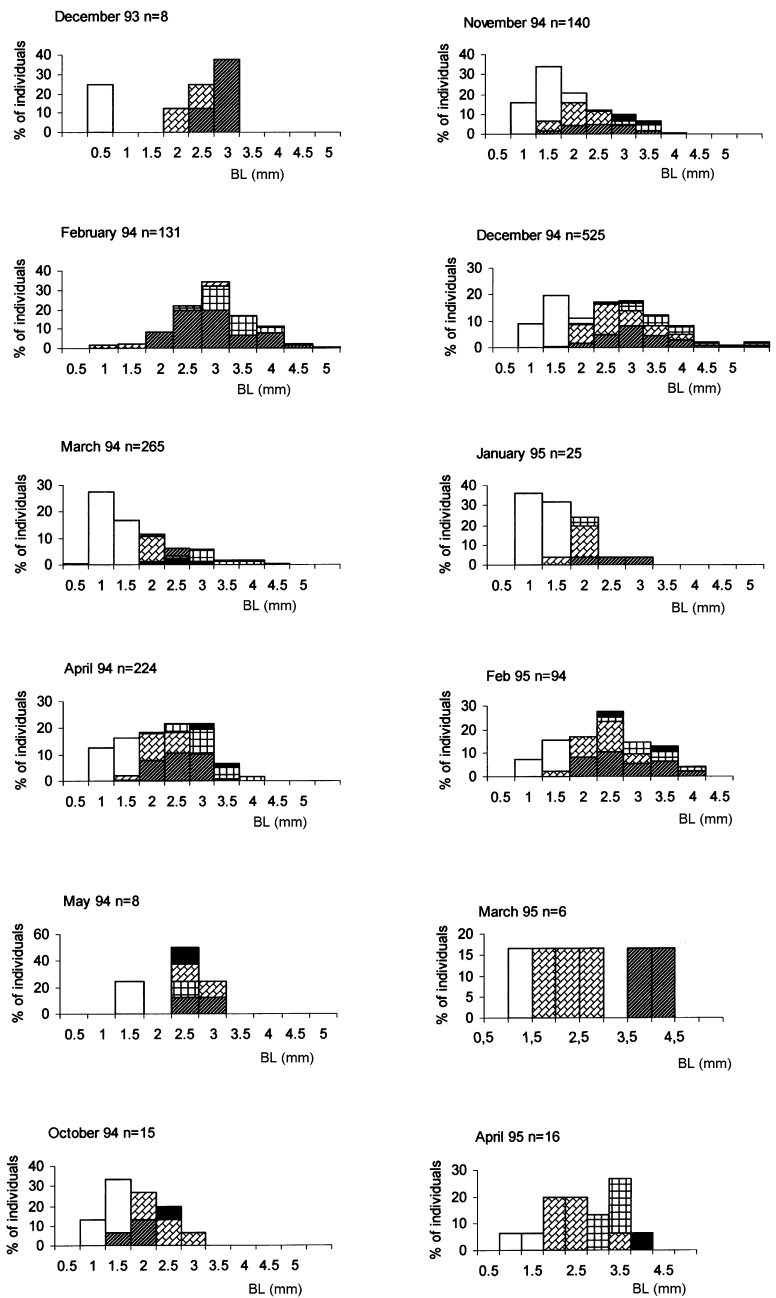


Fig. 4. Monthly size-frequency distribution of *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937) (for legends see fig. 6).

15.3 mm and 12 mm BL for males and females, respectively. Minimum size was observed in specimens collected in November 1994 and January 1995: 3 mm and

2 mm for males and females, respectively. BL_{\min} for juveniles was 0.75 mm in March 1994, and the mean was 1.44 ± 0.37 mm. The mean size for recently hatched juveniles (inside the marsupium) was 1.25 ± 0.26 mm.

The sex ratio fluctuated along the sampling period; monthly values were significantly different from 0.5 ($P < 0.05$) in autumn, winter, and spring (fig. 3). Females outnumbered males in all samples except in June and August 1994.

The monthly size-frequency distribution of *G. aequicauda* is illustrated by data presented in fig. 5. Two to three cohorts could be identified during April 1994–December 1994; growth rate was $21\text{--}99 \mu\text{m d}^{-1}$ (table II). Ovigerous females were recorded in all samples except in September 1993, July, August, September 1994, and February, March and May 1995. The percentage of ovigerous females reached a high in February 1994 (50% of total females) and a low in November 1993 (6.1%) (figs. 5, 7). Juveniles were abundant in all samples ($>18\%$). The percentage of juveniles reached a high in February 1994 (53 %) and a low in October 1993, June, August 1994, and May 1995 (figs. 5, 7)

The number of eggs carried by *G. aequicauda* females was related to their size (fig. 8): $BS = 0.3125 BL^{1.9573}$ ($n = 123$; $r = 0.298$; $P < 0.005$). The BS_m was 23.6 ± 2.8 (range: 1–87). The minimum size of an ovigerous female was 5 mm, with 5 and 14 embryos; the mean total body length of ovigerous females was 7.8 ± 1.02 mm.

The length of the long axis of the eggs varied from 0.31 to 0.54 mm, with a mean value of 0.43 ± 0.039 mm ($n = 2,933$). Seasonal differences in egg size, or a relationship between egg size and the size of ovigerous females, were not observed.

Erichthonius brasiliensis

E. brasiliensis was found in all months except in the August and December 1993, January 1994, July to September 1994, and May 1995 samples. The highest number of individuals was found in March, April, and December 1994 (fig. 2C, table I). A total of 153 males and 447 females were captured. Males reached larger sizes than females (BL_m of males = 3.21 ± 0.71 ; BL_m of females = 2.46 ± 0.73 ; $P < 0.05$). Maximum size was observed in specimens collected in May and April 1994: 6 mm and 5.6 mm for males and females, respectively. Minimum size was observed in specimens collected in February 1995 and March 1994: 1.6 mm and 1.0 mm BL for males and females, respectively.

The sex ratio fluctuated along the sampling period; monthly values were significantly different from 0.5 ($P < 0.05$) in November 1993, in February, March, April, October, and November 1994, and in January and February 1995. However, females outnumbered males in all samples except in August 1993 and June 1995 (fig. 3).

TABLE II
 Mean and standard deviation of the cohorts identified from polymodal frequency analysis in *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855), *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), and *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931)

Species	Samples											
	February 1994		March		April		October		November		December	
<i>E. brasiliensis</i>	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd
	1.19	0.25	1.16	0.25	1.36	0.27	1.42	0.25	2.04	0.46	1.46	0.37
	2.09	0.35	2.12	0.30	2.29	0.32	2.43	0.53	3.67	0.40	3.07	0.68
	3.05	0.25	3.00	0.25	3.09	0.25	4.19	0.27	4.82	0.25	5.35	0.25
			3.81	0.44	3.82	0.40						
					5.50	0.25						
<i>M. insidiosum</i>	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd
	1.36	0.27	1.13	0.25	1.28	0.27	1.37	0.26	1.37	0.27	1.17	0.25
	2.38	0.27	1.91	0.34	2.26	0.33	2.14	0.29	2.22	0.33	1.88	0.49
	3.04	0.25	2.80	0.41	2.99	0.25	3.13	0.37	2.92	0.42	3.61	0.26
	3.88	0.49	4.01	0.25	3.63	0.26			3.83	0.4	5.37	0.25
<i>G. aequicauda</i>	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd
	2.14	0.50	2.17	0.50	2.00	0.50	2.22	0.50	2.14	0.50	2.47	0.46
	4.50	0.58	4.98	0.50	6.26	1.50	4.32	0.57	4.96	1.03	3.61	0.26
	7.55	1.09	7.29	1.01	10.56	0.50	7.34	1.46	8.81	1.80		
	10.50	0.53	10.52	0.52								

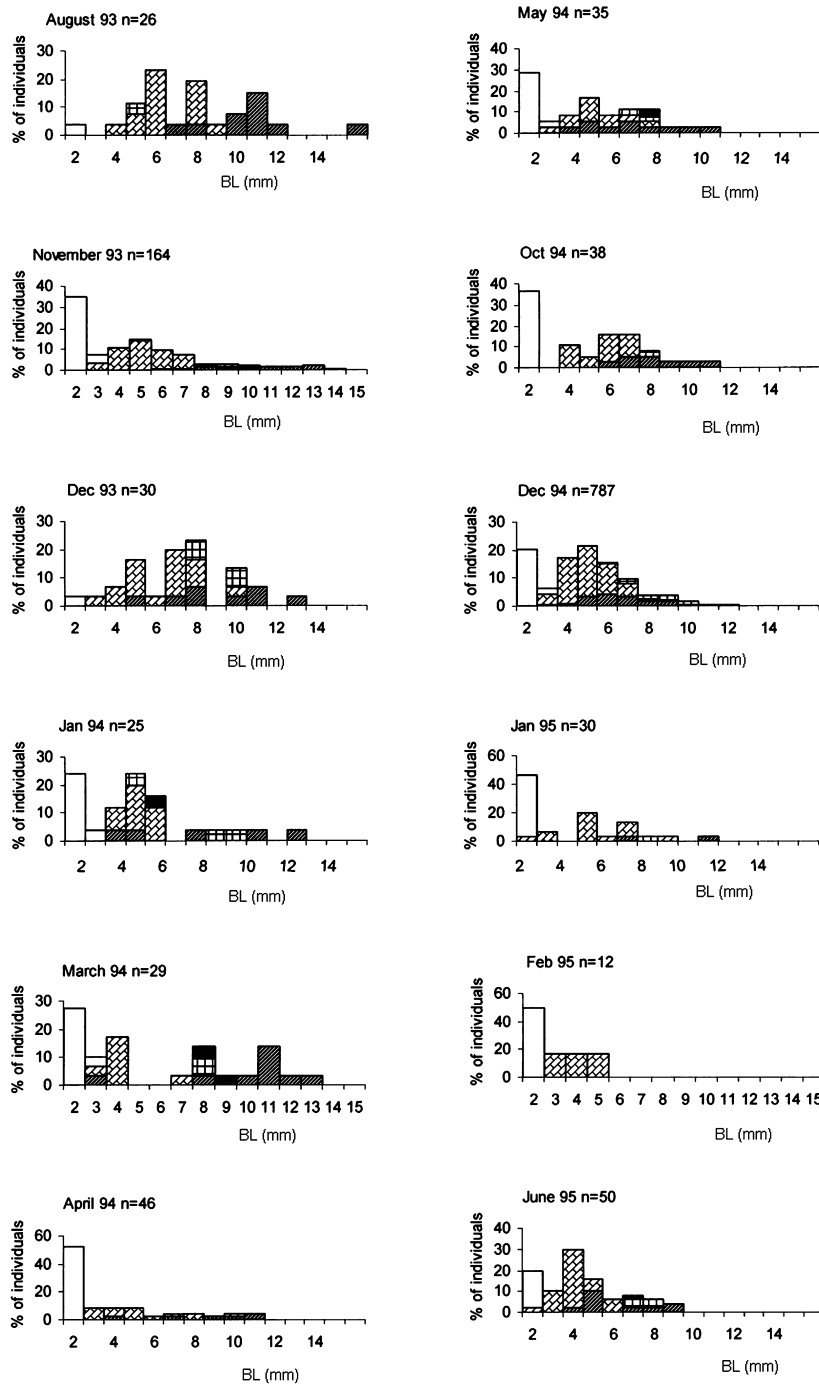


Fig. 5. Monthly size-frequency distribution of *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) (for legends see fig. 6).

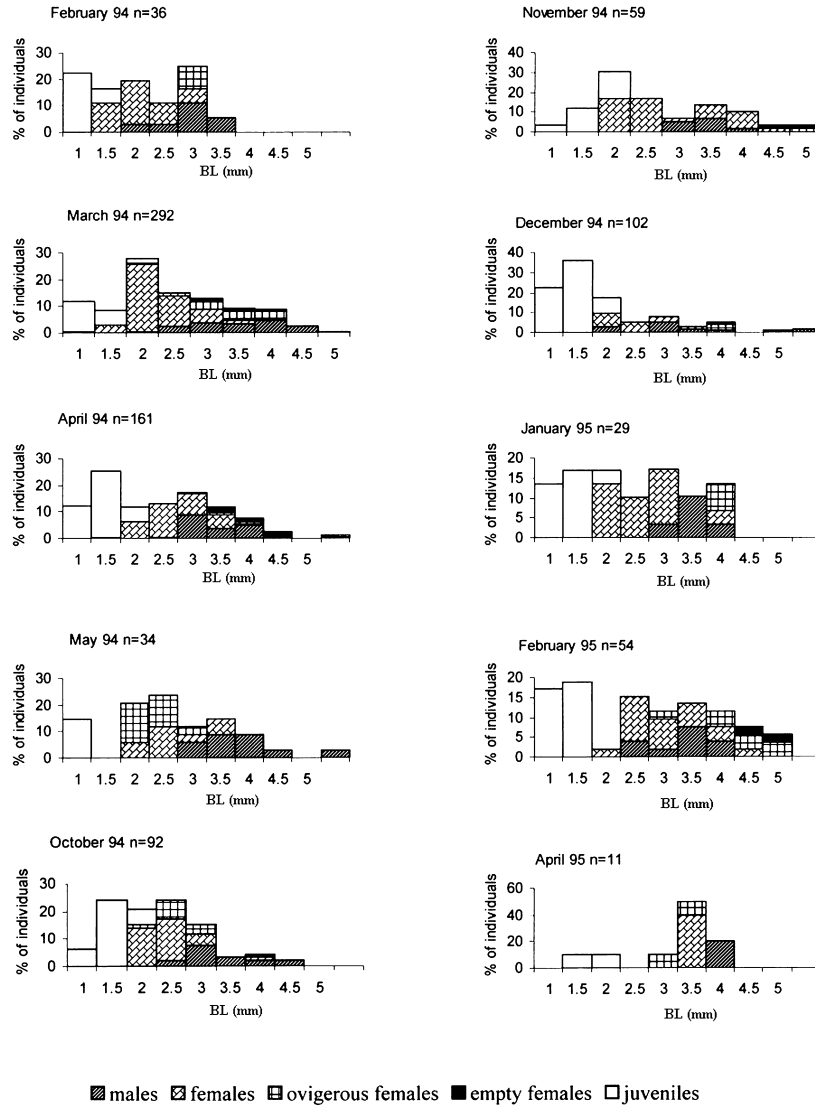


Fig. 6. Monthly size-frequency distribution of *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855).

The monthly size-frequency distribution of *E. brasiliensis* is illustrated in fig. 6. Three to five cohorts could be identified during February 1994–December 1994; growth rate was $20\text{--}56 \mu\text{m d}^{-1}$ (table II). Ovigerous females were recorded in autumn, spring, and winter; the percentage of ovigerous females reached a high in May 1994 (50%) and a low in November 1994 (2%) (figs. 6, 7). Juveniles were abundant in all samples ($>20\%$) except in March 1994 and May 1994. The percentage of juveniles reached a high in December 1994 (66.6%) (figs. 6, 7). The minimum BL for juveniles was 0.5 mm and the BL_m was $1.18 \pm 0.31 \text{ mm}$.

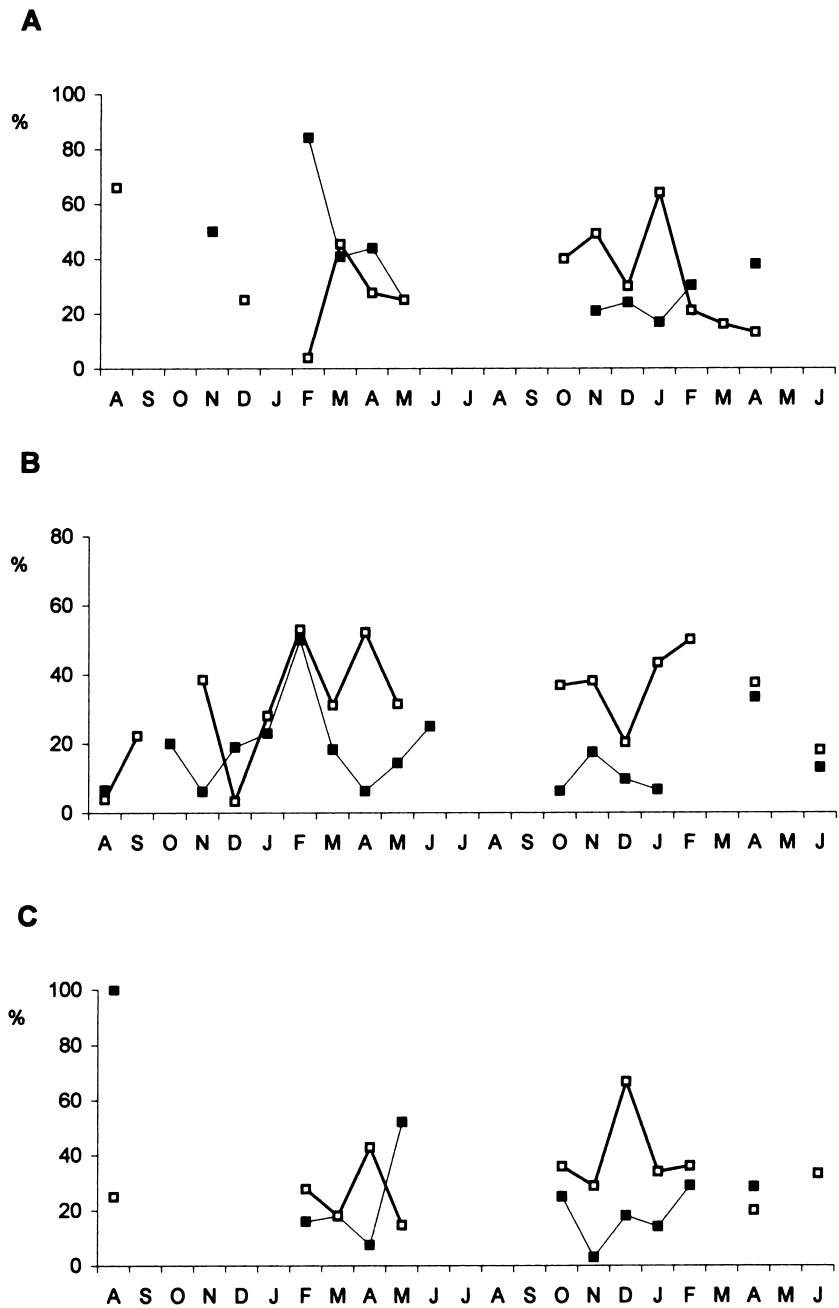


Fig. 7. Monthly variation in frequency (%) of ovigerous females expressed as a percentage of the total number of females (black), and of juveniles as a percentage of the total number of individuals (white): A, *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937); B, *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931); and, C, *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855).

The mean size for recently hatched juveniles (inside the marsupium) was 0.72 ± 0.05 mm. The number of eggs carried by *E. brasiliensis* females was related to their size (fig. 8): $BS = 1.522 BL^{1.221}$ ($n = 78$; $r = 0.391$; $P < 0.05$). The BS_m was 7.7 ± 5.5 (range: 1-24). The minimum size of an ovigerous female was 1.72 mm, with 3 embryos; mean total body length of ovigerous females was 3.08 ± 0.8 mm (table III). The length of the long axis of the eggs varied from 0.20 to 0.36 mm, with a mean value of 0.26 ± 0.06 mm ($n = 606$). Seasonal differences in egg size, or a relationship between egg size and the size of ovigerous females, were not observed.

The HMFLr and IF values for all three species are shown in table III. *M. insidiosum* presented the highest values for HMFLr and IF.

DISCUSSION

The ecological characteristics of the Amphipoda living in Encanyissada Lagoon are related to high environmental stress due to the alternating inputs of marine water and fresh water, in addition to the eutrophication caused by human activities. Additionally, wind, changes in atmospheric pressure, and violent storms can modify the conditions of bays and lagoons of the Ebro Delta in very short periods of time (Camp & Delgado, 1987). Possibly as a consequence of this remarkable environmental variability, many of the captured species of amphipods are occasional, and their abundance presents a strong seasonality in the study area. Amphipod diversity was very low in summer and the highest values were recorded in winter and spring, with a positive correlation between H' and salinity (fig. 2, table I). Among the 23 species of Gammaridea species identified, 14 were recorded for the first time in the Ebro Delta (see table I). The total number of species is similar to or slightly higher than in other coastal lagoons studied in the Mediterranean Sea (Porcu & Tagliasacchi, 1983; Taramelli & Pezzali, 1986; Diviaco & Bianchi, 1987; Sfriso et al., 2000). The community of amphipods in the study area is dominated by *Monocorophium insidiosum*, *Gammarus aequicauda*, and *Ericthonius brasiliensis*. The pattern of seasonal variation of these species showed quite similar trends, though *G. aequicauda* is present in almost all samples. Additionally, the CPUE of *M. insidiosum* and *E. brasiliensis* showed a negative correlation with the abundance of the mysid, *Mesopodopsis slabberi* (Van Beneden, 1861) ($\rho = -0.552$; $P < 0.005$ and $\rho = -0.471$; $P < 0.05$, respectively), a dominant euryhaline peracarid living in the Encanyissada (Delgado et al., 1997). Therefore, it seems that an alternation takes place among the gammaridean species studied (except *G. aequicauda*) and *M. slabberi* in this area throughout the year.

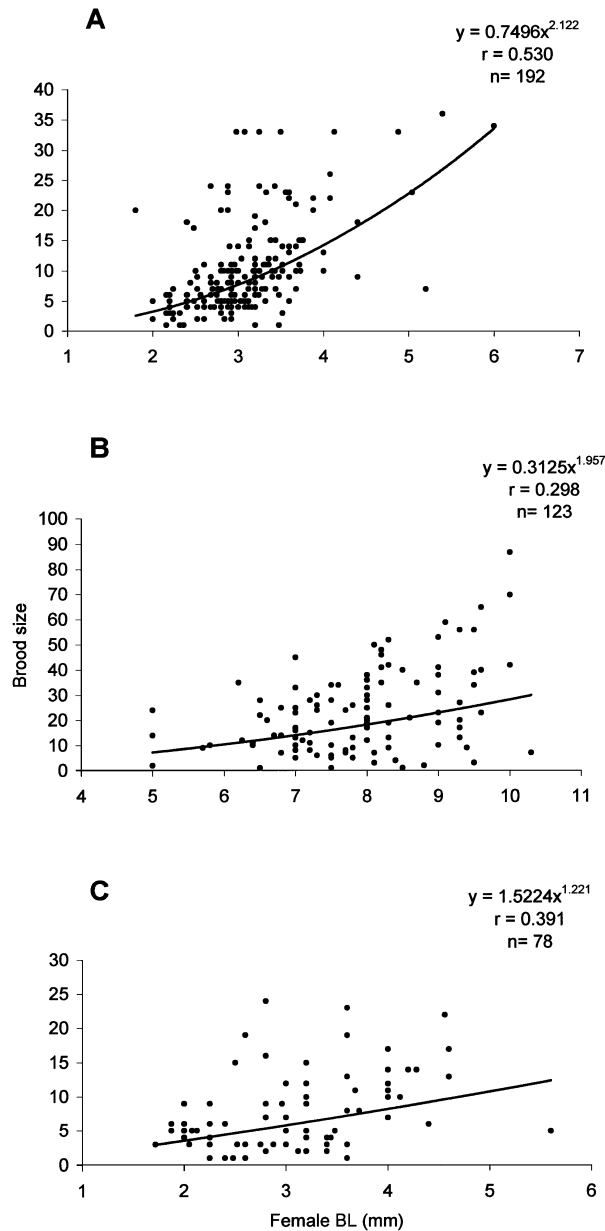


Fig. 8. Relationship between fecundity and size of ovigerous females: A, *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937); B, *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931); and, C, *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855).

Monocorophium insidiosum

M. insidiosum is distributed along the coast of the Pacific Ocean and the Atlantic Ocean, thus including the European coast (Ruffo, 1982; Köhn, 1996; Bousfield &

TABLE III

Comparison of reproductive parameters among *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937), *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1855), and *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931); nd, no data

	*BL _{min} (mm)	BL _m (mm)	BL _{max} (mm)	BS _m	HMBLr	IF	Reference
<i>M. insidiosum</i>	nd	3.8	5.6	10.8	0.5	5.1	Nair & Anger (1979)
	1.9	3.1	4.9	4.9	0.5	2.7	Kevrekidis (2004)
	2.0	nd	3.5	1-8	nd	nd	Karakiri & Nicolaidou (1987)
	2.2	nd	5.6	7.27	nd	nd	Prato & Biandolino (2006b)
	1.8	3.1	6.0	10.2	0.9	9.1	Present study
<i>E. brasiliensis</i>	nd	5.0	6.5	9.4	0.3	2.8	Hughes (1978)
	1.7	3.1	5.6	7.7	0.5	3.1	Present study
<i>G. aequicauda</i>	8.4	12.7	20.0	31.9	0.6	18.8	Kevrekidis & Koukouras (1988)
	8.0	10.7	14.3	33.3	0.4	13.8	Greze (1977)
	5.0	7.0	12.0	13.5	0.7	9.6	Porcu & Tagliasacchi (1983)
	5.0	7.8	12.0	23.6	0.5	12.8	Present study

* BL, Body Length; BS, number of eggs; HMBLr, Half-range of Mature Female body Length ratio; IF, fecundity index; m, mean; max, maximum; min, minimum. See text for further explanation.

Hoover, 1997). It is a typical species of Mediterranean lagoons and is found mainly in habitats that are close to the sea, i.e., when salinity does not show extremely low values (Casabianca, 1972/73; Guélorget & Perthuisot, 1992; Procaccini & Scipione, 1992; Mistri et al., 2001; Kevrekidis, 2004; Prato & Biandolino, 2006b). Very low salinities appear to strongly influence the spreading and abundance of *M. insidiosum*: according to Kevrekidis (2004), salinities lower than 1‰ probably cause mortality and/or emigration. Casabianca (1967) reported that 95% of the *M. insidiosum* population disappeared due to a sharp decline in salinity from 34 to 1.7‰. However, the population abundance of *M. insidiosum* reported in the present work probably cannot only be influenced by low salinities, since salinities below 5‰ have never been measured (fig. 2); the number of individuals, however, decreased when salinities were below 7‰ and temperatures were above 18°C. Prato & Biandolino (2006b) suggest that temperature may affect the abundance of *M. insidiosum* in Mar Piccolo (Italy). Probably important is also the significant fluctuation of salinity conditions in Alfacs Bay in very short periods of time, and/or other environmental factors; Prato & Biandolino (2006a) demonstrated that the survival of *M. insidiosum* was affected by salinity, temperature, and salinity-temperature interaction under laboratory conditions. In general, survival was high (>90%) at 36‰ and 10-20°C, and at 18°C and 3-36‰. The life history pattern of the other species of Corophiidae showed an important relationship with temperature and salinity, but other environmental conditions such as oxygen content or food availability may also be relevant. According to Cunha et al. (2000a, b) high temperatures and low oxygen content of the water increase metabolic cost,

and can result in either mortality, or emigration of *Corophium multisetosum* Stock, 1952 in Ria de Aveiro, Portugal. Cunha et al. (2000a, b) observed a negative correlation between the abundance of *C. multisetosum* and a temporary variation in plant biomass. Perhaps factors associated with human activities were involved in the distribution of this species. In coastal lagoons, the most frequently reported consequences of eutrophication are changes in biogeochemical processes and a disturbed structure of biological communities (Taylor et al., 1995).

In the present study, males attained a smaller body size than females, as in other Corophiidae (cf. Cunha et al., 2000a; Kevrekidis, 2005). However, no differences between males and females exist when comparing their mean size. In contrast, Prato & Biandolino (2006b) showed that males attained a larger maximum size than females; however, the authors did not report data on the mean size of the total sample. Nair & Anger (1979), in the laboratory, observed that males grew more slowly and attained a smaller maximum body length than females. This was also observed by Kevrekidis (2004) in Monolimni Lagoon (Greece). According to Anger (1979) and Cunha et al. (2000a) females of *C. multisetosum* reached larger sizes than males.

In the study area, no discrete generations of *M. insidiosum* were evident because of the discontinuities in number of individuals from the sampled population and the intensive breeding period. Additionally, recruitment was practically continuous during the sampling period. Polymodal frequency distribution analysis showed that the growth rate of *M. insidiosum* matches the results obtained by Nair & Anger (1979) and Birklund (1977). However, growth rate was higher than that found by Kevrekidis (2004) in Monolimni Lagoon ($11.3 \mu\text{m d}^{-1}$); this author suggested that the slower growth rate of *M. insidiosum* was possibly due to very low salinities (0.1-5.7‰). The estimated growth rate of *C. multisetosum* obtained by Cunha et al. (2000a) agrees with our present results: $100 \mu\text{m d}^{-1}$ for juveniles and 19 to $29 \mu\text{m d}^{-1}$ for mature females. The number of generations of *M. insidiosum* increased and lifespan decreased with decreasing latitude (Casabianca, 1967; Shearer, 1978; Nair & Anger, 1979). Under laboratory conditions, Nair & Anger (1979) observed that an increased temperature reduces the lifespan of *M. insidiosum*. Prato & Biandolino (2006b) estimated a life span of 4 to 5 months. In the present study, the life span of this species was probably 4-6 months (table II).

The breeding activity of *M. insidiosum* in the Ebro Delta did not cease during winter at temperatures from 9 to 17°C and salinities from 23 to 34‰ (85% ovigerous females in February 1994). In Mar Piccolo (Italy), ovigerous females were found throughout the year, with higher values in spring and summer, and the number of ovigerous females during winter was low (<30%) (Prato & Biandolino, 2006b). In contrast, most *M. insidiosum* populations studied previously did not show breeding activity during winter (Muus, 1967; Shearer, 1978; Anger, 1979;

Kevrekidis, 2004). The breeding activity of *M. insidiosum* in Monolimni Lagoon peaked during September and October at temperatures from 14 to 21°C and a salinity of 4‰, and ceased in winter at temperatures from 2 to 6°C and a salinity of 0.5-1.6‰ (Kevrekidis, 2004). According to Cunha et al. (2000a) *C. multisetosum* interrupted breeding with extreme temperatures and very low salinities during winter and summer, while moderate temperatures (15-20°C) and salinities (>1‰) in spring and autumn were apparently favourable for reproduction. In Monolimni Lagoon, the breeding of *Corophium orientale* Schellenberg, 1928 occurs from early spring to mid-autumn (Kevrekidis, 2005).

In the Ebro Delta, females of *M. insidiosum* are more abundant than males. Female-biased sex ratios have been reported for other *M. insidiosum* populations as well (Casabianca, 1967; Sheader, 1978; Kevrekidis, 2004; Prato & Biandolino, 2006b). Under laboratory conditions, males of *M. insidiosum* grew more slowly and lived shorter than females (Nair & Anger, 1979). In *Corophium volutator* (Pallas, 1766), Aarnio & Bonsdorff (1993) and McCurdy et al. (2005) reported that predation appears to contribute to female biased sex ratios and this bias is likely due also to feminization of males by microparasites.

A relationship between brood size and body size of *M. insidiosum* females was previously reported by Prato & Biandolino (2006b) and Kevrekidis (2004). In the Ebro Delta, the maximum BL of ovigerous females (6 mm) was larger than that reported for Monolimni Lagoon, Evros Delta (4.35 mm) by Kevrekidis (2004) (at 0.1-5.7‰ and 1.8-28.5°C), in Kysing Fjord, Denmark (4 mm) by Muus (1967), and in N.E. England (4.4 mm) by Sheader (1978), but similar to values reported under laboratory conditions (5.4 mm) by Nair & Anger (1979) (29-33‰, 18°C), in Arcachon, France (6 mm) by Labourg (1968) (5-30‰, 5-20°C), and in Mar Piccolo (5.6 mm) by Prato & Biandolino (2006b) (34-36‰, 8-30°C). The minimum BL of ovigerous females of *M. insidiosum* (1.8 mm) in the Ebro Delta was smaller than previously reported values (table III). The fecundity of *M. insidiosum* is related to salinity and temperature; brood size is lower due to low salinities and temperatures (Sheader, 1978; Nair & Anger, 1979; Kevrekidis, 2004). Brood size of *M. insidiosum* in the Ebro Delta (mean 9.90, range 1-24 eggs) was higher than that reported from Monolimni Lagoon, Evros Delta (mean 4.96, range 1-16) by Kevrekidis (2004), Mazoma Lagoon (range 1-8) by Karakiri & Nicolaidou (1987), and similar to values reported for Arcachon (range 4-25) by Labourg (1968), Kysing Fjord, Denmark (range 4-21) by Muus (1967), and the Ionian Sea (mean 8.14, range 5-25) by Prato & Biandolino (2006b), but smaller than values reported under experimental conditions (range 5-40) by Nair & Anger (1979). Possibly, low salinities can give rise to high egg mortality (Shyamasundari, 1976; Fish & Mills, 1979; Kevrekidis, 2004).

Gammarus aequicauda

G. aequicauda is an epibenthic amphipod considered a characteristic, common, and abundant inhabitant of lagoons and brackish environments of the Mediterranean and the Black Sea (Verhoeven, 1980; Menéndez & Comín, 1990; Petrescu, 1994; Sfriso et al., 2001; Prato & Biandolino, 2005a; Casagrande et al., 2006; Sezgin & Katagan, 2007). *G. aequicauda* showing a very euryhaline and resistant character and features a usually higher abundance in areas isolated from the sea. It has an important trophic role in the transport of energy to a higher consumer level, and its feeding activities contribute greatly to macrophyte fragmentation, thus enhancing microbial colonization and macrophyte decomposition (Greze, 1977; Kevrekidis & Koukouras, 1988, 1989; Menéndez & Comín, 1990; Petrescu, 1994; Gouvis et al., 1998; Kevrekidis et al., 2000; Sfriso et al., 2001; Casagrande et al., 2006). *G. aequicauda* and the isopod, *Sphaeroma hookeri* Leach, 1814 are the most abundant macrofaunal species in the Tancada Lagoon of the Ebro Delta (Menéndez & Comín, 1990).

As in *M. insidiosum*, population density of *G. aequicauda* varied greatly throughout the year. Seasonal variations in abundance of *G. aequicauda* had previously been studied by Kevrekidis & Koukouras (1989), and the authors concluded that predation may be the most important factor in the regulation of the population density of this amphipod. Casagrande et al. (2006) showed that the abundance of *G. aequicauda* in Lake Ichkeul, Tunisia, was significantly related to the phanerogam, *Ruppia cirrosa* (Petagna). Fredette & Diaz (1986) reported that the population of the congeneric species, *Gammarus mucronatus* Say, 1818, declines in summer, perhaps as a result of many factors such as predation, food resources, and/or high summer temperatures. Prato & Biandolino (2005b) showed that the survival of *G. aequicauda* was affected by salinity, temperature, and salinity-temperature interaction under laboratory conditions. In general, survival was high (>80%) in a 10-day assay at 20°C and 0-36‰. However, *G. aequicauda* prefers a range of 18 to 20°C and 15 to 36‰ (Prato & Biandolino, 2005b).

G. aequicauda females in the Encanyissada lagoon are clearly more abundant than males (figs. 2 and 6). Female-biased sex ratios have been reported for most of *G. aequicauda* populations (Greze, 1977; Jansen et al., 1979; Porcu & Tagliasacchi Masala, 1983). However, males were always more abundant than females in the Evros Delta (Kevrekidis & Koukouras, 1988, 1989). Casagrande et al. (2006) reported that males were dominant in autumn and winter. Sexual dimorphism in size observed in the Ebro Delta population of *G. aequicauda* matches the results obtained by Kevrekidis & Koukouras (1989), but the maximum lengths of males and females of the Evros Delta population are markedly higher (25.1 mm for males and 20.0 mm for females) than in the Ebro Delta population (15.3 mm for males

and 12 mm for females). The present results are similar to those of Casagrande et al. (2006), with a maximum recorded length of 13.3 mm. Polymodal frequency distribution analysis showed that a growth rate of *G. aequicauda* ($21-99 \mu\text{m d}^{-1}$) matches the results obtained by Greze (1977) in the Black Sea (at 0.05-50‰ and 4-28°C): $30-50 \mu\text{m d}^{-1}$ in winter and $70-80 \mu\text{m d}^{-1}$ during summer.

Most *G. aequicauda* populations studied show breeding activity throughout the year, with one or two reproductive peaks (Greze, 1977; Jansen et al., 1979; Porcu & Tagliasacchi Masala, 1983; Kevrekidis & Koukouras, 1989). In the Ebro Delta, the population of *Gammarus aequicauda* was probably also sexually active throughout the year, but with a remarkable fluctuation. Breeding activity was high during February 1994 (50%) and April 1995 (33.3%) at temperatures of 9-21°C and a salinity of 22-34‰. In the study by Casagrande et al. (2006), ovigerous females were more numerous in summer and spring, and this suggested that this species presents a bivoltine life cycle with two cohorts per year.

According to Greze (1977), the brood size of *G. aequicauda* in the Ebro Delta was positively correlated to the size of the females; the mean value (21.8 ± 2.6) was lower than that reported for the Evros Delta (31.9) by Kevrekidis & Koukouras (1989). Under laboratory conditions, females produced a mean of 19.3 ± 13.3 juveniles (Prato et al., 2006).

Erichthonius brasiliensis

E. brasiliensis is a circalittoral amphipod spread over Venezuela, Brazil, the West Indies, New England, and the Mediterranean Sea (Ruffo, 1982; Myers & McGrath, 1984). It is considered to be a common species of Mediterranean harbours and lagoons, euryhaline and resistant to polluting agents (Taramelli & Pezzali, 1986; Sezgin & Katagan, 2007) and frequent in fouling communities (Bellan-Santini & Ledoyer, 1973; Kevrekidis & Koukouras, 1988). *E. brasiliensis* is a filter-feeder, and builds tubes as *M. insidiosum*. Sotka et al. (1999) showed that this species curls segments of *Halimeda tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux to live in. Hughes (1978) reported that it is an epizoot of the hydroid, *Nemertesia antennina* Linnaeus, 1767.

The limited information available on the population biology of *E. brasiliensis* was mainly obtained by Casabianca (1972/73) and Hughes (1978). According to the former author, *E. brasiliensis* would be less euryhaline than *M. insidiosum*; its abundance was correlated with salinity, and the population density decreased when salinity was lower than 18‰ (Casabianca, 1972/73). In the Ebro Delta, population densities varied greatly through the year, and the species was present mainly in autumn, winter, and spring when salinity did not reach very low values. However, individuals have been captured in salinities below 18‰ (14-17‰). As in the other

species studied herein, no individuals were found in August, which is in keeping with Hughes's (1978) data from Torbay. In other tube-building amphipods, such as *Jassa marmorata* Holmes, 1903 a similar pattern has been observed (Scinto et al., 2007).

In the present study, polymodal frequency distribution analysis showed that the growth rate of *E. brasiliensis* was similar to that of *M. insidiosum*: $100 \mu\text{m d}^{-1}$ for juveniles and 19 to $29 \mu\text{m d}^{-1}$ for adults and, probably, its life span is also similar (4-6 months for mature females). However, Hughes (1978) reported that the life span is approximately one year, and the growth rate varies over the seasons (from 0.225 to 0.51 mm per month).

As in *M. insidiosum* and *G. aequicauda*, *E. brasiliensis* showed a female-biased sex ratio, and its breeding activity in the Ebro Delta did not cease during winter. *E. brasiliensis* was probably sexually active throughout the year, and peaked during spring and autumn at temperatures of 18-25°C and lower daily salinity differences, similarly to *M. insidiosum*. A relationship between brood size and the body size of *E. brasiliensis* females was previously reported by Hughes (1978).

In the Ebro Delta, the HMFLr and IF values of *E. brasiliensis* and *G. aequicauda* were similar to the one calculated for the other areas studied (table III). However, the HMFLr and IF values of *M. insidiosum* showed important differences with previous studies. In the present work, *M. insidiosum* females started their reproductive activity at smaller sizes than in other areas (table III). Perhaps *M. insidiosum* exhibits a higher plasticity in reproductive biology in response to several environmental factors (Fox & Czesak, 2000).

The three species studied in the Encanyissada lagoon (Ebro Delta system) are common in most of the Mediterranean coastal lagoons studied. They are amphipods with a high tolerance towards environmental changes, and they colonize fluctuating coastal ecosystems with ease. As has been demonstrated in this work, some aspects of their biology show prominent intraspecific variability, and these population differences could be the consequence of the very diverse and unstable environmental conditions that characterize estuarine ecosystems. Future studies are necessary to determine the intraspecific variability of the populations of coastal amphipods and their different responses to the variations in environmental parameters.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Dr. M. A. López for his help during the statistical treatment of the data.

REFERENCES

- AARNIO, K. & E. BONSDORFF, 1993. Seasonal variation in abundance and diet of the sand goby *Pomatoschistus minutus* (Pallas) in a northern Baltic archipelago. *Ophelia*, **37**: 19-30.
- ANGER, K., 1979. Untersuchungen zum Lebenszyklus der Amphipoden *Bathyporeia sarsi*, *Microdeutopus gryllotalpa* und *Corophium insidiosum* in der Kieler Bucht. Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum der Universität Kiel, **1**: 1-6.
- BELLAN-SANTINI, D. & M. LEDOYER, 1973. Inventaire des Amphipodes Gammariens récoltés dans la région de Marseille. *Tethys*, **4**: 899-934.
- BIRKLUND, J., 1977. Biomass, growth and production of the amphipod *Corophium insidiosum* Crawford, and preliminary notes on *Corophium volutator* (Pallas). *Ophelia*, **16**: 187-203.
- BOUSFIELD, E. L. & P. M. HOOVER, 1997. The amphipod superfamily Corophioidea on the Pacific coast of North America. Part V. Family Corophiidae: Corophiinae, new subfamily. Systematics and distributional ecology. *Amphipacifica*, **2**: 67-140.
- CAMP, J. & M. DELGADO, 1987. Hidrografia de las bahías del delta del Ebro. *Investigación Pesquera, Barcelona*, **51**: 351-369.
- CASABIANCA, M. L., 1967. Sur la biologie de *Corophium insidiosum* Crawford dans l'étang de Biguglia (Corse). Bulletin de la Société Zoologique de France, **91**: 401-405.
- —, 1972/73. Influence des apports d'eau douce sur la dynamique des populations de Crustacés constructeurs de l'étang de Biguglia, Corse (*Corophium insidiosum* C., *Tanais cavolinii* M.E., *Erichthonius brasiliensis* D.). Vie et Milieu, (C) **23**: 45-63.
- CASAGRANDE, C., M. S. DRIDI & C. F. BOUDOURESQUE, 2006. Abundance, population structure and production of macro-invertebrate shredders in a Mediterranean brackish lagoon, Lake Ichkeul, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **66**: 437-446.
- CHINCHILLA, M. & F. A. COMÍN, 1977. Contribució al coneixement dels crustacis del delta de l'Ebre. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural, **8**: 119-144.
- COMÍN, F. A., 1984. Características físicas y químicas y fitoplancton de las lagunas costeras Encanyissada, Tancada y Buda (Delta del Ebro). *Oecologia Aquatica*, **7**: 79-169.
- COMÍN, F. A. & X. FERRER, 1979. Distribució i ecologia dels macròfits submergits del Delta de l'Ebre. Butlletí Institució Catalana de Història Natural, **44**: 111-117.
- COMÍN, F. A., M. MENÉNDEZ & E. FORÉS, 1987. Salinidad y nutrientes en las lagunas costeras del delta del Ebro. *Limnética*, **3**: 1-8.
- COMÍN, F. A., M. MENÉNDEZ & J. R. LUCENA, 1990. Proporsal for macrophyte restoration in eutrophic coastal lagoon. *Hydrobiologia*, **200-201**: 427-436.
- CUNHA, M. R., M. H. MOREIRA & J. C. SORBE, 2000 (cf. b). The amphipod *Corophium multisetosum* (Corophiidae) in Ria de Aveiro (NW Portugal). II. Abundance, biomass and production. *Marine Biology, Berlin*, **137**: 651-660.
- CUNHA, M. R., J. C. SORBE & M. H. MOREIRA, 2000 (cf. a). The amphipod *Corophium multisetosum* (Corophiidae) in Ria de Aveiro (NW Portugal). I. Life history and aspects of reproductive biology. *Marine Biology, Berlin*, **137**: 637-650.
- DELGADO, L., G. GUERAO & C. RIBERA, 1997. Biology of the mysid *Mesopodopsis slabberi* (Van Beneden, 1861) (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean). *Hydrobiologia*, **357**: 27-35.
- DIVIACO, G. & C. N. BIANCHI, 1997. Faunal interrelationships between lagoonal and marine amphipod crustacean communities of the Po river delta (northern Adriatic). *Anales de Biologia*, **12**: 67-77.
- FISH, J. D. & A. MILLS, 1979. The reproductive biology of *Corophium volutator* and *Corophium arenarium* (Crustacea, Amphipoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **59**: 355-368.

- FORÉS, E., A. ESPANYA & F. MORALES, 2002. Regeneración de la laguna costera de La Encanyissada (Delta del Ebro). Una experiencia de biomanipulación. *Ecosistemas* 2002/2 (URL: <http://www.aet.org/ecosistemas/022/investigacion1.htm>).
- FORÉS, E., M. MENENDEZ & F. A. COMÍN, 1986. Contribución al conocimiento de crustáceos y rotíferos del Delta del Ebro. *Miscel·lània Zoològica*, **10**: 103-111.
- FOX, C. W. & M. E. CZESAK, 2000. Evolutionary ecology of progeny size in arthropods. *Annual Reviews of Entomology*, **45**: 341-369.
- FREDETTE, T. J. & R. J. DIAZ, 1986. Life history of *Gammarus mucronatus* Say (Amphipoda: Gammaridae) in warm temperate estuarine habitats York River, Virginia. *Journal of Crustacean Biology*, **6**: 57-78.
- FUSTE, X., 1985. Zooplankton de la mer Catalane. Larves de Crustacés Décapodes prélevées dans les baies du delta de l'Ebro (1983-1984). Rapports et Procès Verbaux des Reunions — Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, **29**: 257-258.
- GAYANILO, F. C., JR., P. SPARRE & D. PAULY, 1995. The FAO ICLARM Stocks Assessment Tools (FISAT), User Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries), Rome, **8**: 1-186.
- GOUVIS, N., T. KEVREKIDIS, A. KOUKOURAS & E. VOULTSIADOU, 1998. Bionomy of macrobenthic polychaetes in the Evros Delta (north Aegean Sea). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*, **83**: 145-161.
- GREZE, I. I., 1977. Life cycle of *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) in the Black Sea. *Crustaceana*, **4** (suppl.): 88-90.
- GUÉLORGET, O. & J. P. PERTHUISOT, 1992. Paralic ecosystems. Biological organization and functioning. *Vie et Milieu*, **42**: 215-251.
- HUGHES, R. G., 1978. Life-histories and abundance of epizoites of the hydroid *Nemertesia antennina* (L.). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **58**: 313-332.
- JANSSEN, H., M. SCHEEPMAKER, M. VAN COUWELAAR & S. PINKSTER, 1979. Biology and distribution of *Gammarus aequicauda* and *G. insensibilis* (Crustacea: Amphipoda) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). *Bijdragen tot de Dierkunde, Amsterdam*, **49**: 42-70.
- KARAKIRI, M. & A. NICOLAIDOU, 1987. Population studies on Amphipoda of Mazoma lagoon (Greece). *Helgoland Marine Research*, **41**: 453-464.
- KEVREKIDIS, T., 2004. Population dynamics, growth and reproduction of *Corophium insidiosum* (Crustacea: Amphipoda) at low salinities in Monolimni lagoon (Evros Delta, north Aegean Sea). *Hydrobiologia*, **522**: 117-132.
- —, 2005. Life history, aspects of reproductive biology and production of *Corophium orientale* (Crustacea: Amphipoda) in Monolimni lagoon (Evros Delta, North Aegean Sea). *Hydrobiologia*, **537**: 53-70.
- KEVREKIDIS, T. & A. KOUKOURAS, 1988. Bionomy of the amphipods in the Evros Delta (north Aegean Sea). *Pubbl. Staz. zool., Napoli (I, Marine Ecology)* **9**: 199-212.
- — & — —, 1989. Seasonal variation of abundance of *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) in the Evros Delta. *Israel Journal of Zoology*, **36**: 113-123.
- KEVREKIDIS, T., A. MOGIAS & N. GOUVIS, 2000. Interannual changes in the composition of the macrobenthic fauna of Drana lagoon (Evros Delta, Aegean Sea): preliminary note. *Belgian Journal of Zoology*, **130**: 101-107.
- KÖHN, J., 1996. Amphipods of the Baltic Sea. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, **42**: 385-394.
- LABOURG, P. J., 1968. Cycle reproducteur annuel à Arcachon de *Corophium insidiosum* Crawford, Amphipode Corophiidae. *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, **105**: 1-16.
- MCCURDY, D. G., M. R. FORBES, S. P. LOGAN, D. LANCASTER & S. I. MAUTNER, 2005. Foraging and impacts by benthic fish on the intertidal amphipod *Corophium volutator*. *Journal of Crustacean Biology*, **25**: 558-564.

- MENÉNDEZ, M. & F. A. COMÍN, 1990. Consumption of macrophytes by invertebrates in Tancada lagoon (NE Spain). *Scientia Marina*, **54**: 139-144.
- — & — —, 2000. Spring and summer proliferation of floating macroalgae in a Mediterranean coastal lagoon (Tancada Lagoon, Ebro Delta, NE Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **51**: 215-226.
- MENÉNDEZ, M., O. HERNÁNDEZ & F. A. COMÍN, 2002. Spatial distribution and ecophysiological characteristics of macrophytes in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **55**: 403-413.
- MISTRI, M., E. A. FANO & R. ROSSI, 2001. Redundancy of macrobenthos from lagoonal habitats in the Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **215**: 289-296.
- MUUS, B. J., 1967. The fauna of Danish estuaries and lagoons. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser*, **5**: 1-316.
- MYERS, A. A. & D. MCGRATH, 1984. A revision of north-east Atlantic species of *Erichthonius* (Crustacea: Amphipoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **64**: 379-400.
- NAIR, K. K. C. & K. ANGER, 1979. Life cycle of *Corophium insidiosum* (Crustacea, Amphipoda) in laboratory culture. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, **32**: 279-294.
- PETRESCU, I., 1994. Contribution to the knowledge of amphipods (Crustacea) from Romania. II. *Gammarus aequicauda* (Martynov), *G. balcanicus* Schäferna and *Orchestia cavimana* Heller. *Travaux du Muséum d'Historie Naturelle "Grigore Antipa"*, **34**: 303-324.
- PORCU, M. & M. L. TAGLIASACCHI MASALA, 1983. Ecologie trophique des Crustacés et pollution par le mercure dans un étang saumâtre méditerranéen (Santa Gilla, Sardaigne). *Cahiers de Biologie Marine*, **24**: 159-175.
- PRATO, E. & F. BIANCOLINO, 2005a. Amphipod biodiversity of shallow water in the Taranto seas (north-western Ionian Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **85**: 333-338.
- — & — —, 2005b. *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda): a potential test species in marine sediment toxicity assessment. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, **8**: 475-482.
- — & — —, 2006a. *Monocorophium insidiosum* (Crustacea, Amphipoda) as a candidate species in sediment toxicity testing. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **77**: 1-8.
- — & — —, 2006b. Life history of the amphipod *Corophium insidiosum* (Crustacea: Amphipoda) from Mar Piccolo (Ionian Sea, Italy). *Scientia Marina*, **70**: 355-362.
- PRATO, E., F. BIANCOLINO & C. SCARDICCHIO, 2006. Postembryonic growth, development and reproduction of *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) (Gammaridae) in laboratory culture. *Zoological Studies*, **45**: 503-509.
- PROCACCINI, G. & M. B. SCIPIONE, 1992. Observations on the spatio-temporal distribution of crustacean amphipods in the Fusaro coastal lagoon (central Tyrrhenian Sea, Italy) and some notes on their presence in Mediterranean lagoons. *Pubbl. Staz. zool. Napoli (I, Marine Ecology)* **13**: 203-224.
- RUFFO, S. (ed.), 1982. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1. Gammaridea. (Acanthonotozomtidae to Gammaridae). *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, **13**: 1-364.
- SAINTE-MARIE, B., 1991. A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. *Hydrobiologia*, **223**: 189-227.
- SCINTO, A., C. BENVENUTTO, C. CERRANO & M. MORI, 2007. Seasonal cycle of *Jassa marmorata* Holmes, 1903 (Amphipoda) in the Ligurian Sea. *Journal of Crustacean Biology*, **27**: 212-216.
- SEZGIN, M. & T. KATAGAN, 2007. An account of our knowledge of the amphipod fauna of the Black Sea. *Crustaceana*, **80**: 1-11.

- SFRISO, A., T. BIRKEMEYER & P. F. GHETTI, 2001. Benthic macrofauna changes in areas of Venice lagoon population by seagrasses or seaweeds. Marine Environmental Research, **52**: 323-349.
- SHEADER, M., 1978. Distribution and reproductive biology of *Corophium insidiosum* (Amphipoda) on the north-east coast of England. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, **58**: 585-596.
- —, 1996. Factors influencing egg production in the gammarid amphipod *Gammarus insensibilis*. Marine Biology, Berlin, **124**: 519-526.
- SHYAMASUNDARI, K., 1976. Effects of salinity and temperature on the development of eggs in the tube building amphipod *Corophium triaenomix* Stebbing. Biological Bulletin, Woods Hole, **150**: 286-293.
- SOTKA, E., M. HAY & J. THOMAS, 1999. Host-plant specialization by a non-herbivorous amphipod: advantages for the amphipod and costs for the seaweed. Oecologia, **118**: 471-482.
- TARAMELLI, E. & S. PEZZALI, 1986. Ecologia e distribuzione dei crostacei anfipodi nei laghi costieri della provincia di Latina. Bolletino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, **13**: 295-318.
- TAYLOR, D., S. NIXON, S. GRANGER & B. BUCKLEY, 1995. Nutrient limitation and the eutrophication of coastal lagoons. Marine Ecology Progress Series, **127**: 235-244.
- VALDEMORO, H. I., A. SÁNCHEZ-ARCILLA & J. A. JIMÉNEZ, 2007. Coastal dynamics and wetlands stability. The Ebro Delta case. Hydrobiologia, **577**: 17-29.
- VERHOEVEN, J. T. A., 1980. The ecology of *Ruppia*-dominated communities in Western Europe III. Aspects of production, consumption and decomposition. Aquatic Botany, **8**: 209-253.

First received 18 January 2008.
Final version accepted 25 May 2008.

Effects of different salinities on juvenile growth of *Gammarus Aequicauda*
(Malacostraca: Amphipoda) .

Lidia Delgado, Guillermo Guerao, and Carles Ribera.

Efectes de diferents salinitats en el creixement dels juvenils de *Gammarus Aequicauda*

Gammarus aequicauda és un amfípode eurihalí comú en els ambients salobres de la mar Mediterrània. Al delta de l'Ebre, la densitat poblacional de *G. aequicauda* és molt variable al llarg de l'any. L'objectiu principal d'aquest estudi és investigar l'efecte de la salinitat sobre el creixement i la supervivència d'embrions i juvenils d'aquesta espècie. Els estudis al laboratori s'han dut a terme entre salinitats de 2 i 40 PSU, amb un període d'aclimatació anterior a la fase reproductiva dels individus. Els adults aclimatats a 34 psu han produït embrions i juvenils que sobreviuen i es desenvolupen a salinitats entre 9 PSU i 40 PSU; els adults aclimatats a 9 PSU han produït embrions i juvenils que poden desenvolupar-se en condicions oligohalines. Els valors més baixos de taxa de creixement són 10,9 micres/d i 13,5 micres/d a 40 i a 2 PSU, respectivament, i els valors més alts de 18,0 micres/d i 18,5 micres/d a 19 i 34 PSU, respectivament.

Research Article

Effects of Different Salinities on Juvenile Growth of *Gammarus aequicauda* (Malacostraca: Amphipoda)

Lidia Delgado,¹ Guillermo Guerao,² and Carles Ribera¹

¹Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio) y Departament de Biologia Animal, Universitat de Barcelona, Avinguda Diagonal 645, 08028 Barcelona, Spain

²IRTA, Unitat de Cultius Aquàtics (UCA), 43540 Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, Spain

Correspondence should be addressed to Guillermo Guerao, guillermo.guerao@irta.cat

Received 8 March 2011; Accepted 14 April 2011

Academic Editor: Chris Lloyd Mills

Copyright © 2011 Lidia Delgado et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Gammarus aequicauda is a euryhaline amphipod that is a common inhabitant of brackish environments of the Mediterranean Sea. In the Ebro delta, the population density of *G. aequicauda* is highly variable throughout the year. The main objective of this study is to investigate the effect of salinity on the growth of *G. aequicauda* juveniles. *G. aequicauda* embryos and juveniles can survive and grow in the laboratory between 2 psu and 40 psu salinity, depending on the previous acclimation period for the reproductive individuals. Adults acclimated at 34 psu produced embryos and juveniles that survived and developed at salinities between 9 psu and 40 psu; adults acclimated at 9 psu produced embryos and juveniles that could develop in oligohaline conditions. The lower growth rate values were $10.9 \mu\text{m d}^{-1}$ and $13.5 \mu\text{m d}^{-1}$ at 40 psu and 2 psu, respectively, with the higher values of $18.0 \mu\text{m d}^{-1}$ and $18.5 \mu\text{m d}^{-1}$ at 19 and 34 psu, respectively.

1. Introduction

Salinity is one of the main environmental factors that exerts an intense pressure on crustaceans by controlling their distribution. Gammaridean amphipods living in coastal, estuarine, and adjacent freshwater environments tolerate highly variable salinities, including hypo-osmotic conditions [1–7]. Understanding the tolerance limits in the different life cycle phases of amphipods will be helpful in further studies on their life history and population distribution.

G. aequicauda (Martynov, 1931) is one of the most common and abundant amphipods from lagoons and brackish environments of the Mediterranean and the Black Sea [8–17]. *G. aequicauda* is a euryhaline species, being very resistant in isolate habitats from the sea with extensive ranges of salinity. This species has an important trophic role in the transport of energy to a higher consumer level, and its feeding activities contribute greatly to macrophyte fragmentation, thus enhancing microbial colonization and macrophyte decomposition [9–12, 18–22]. Although the distribution, life cycle, reproductive biology, and population dynamics of *G. aequicauda* have been studied in several

coastal environments [8, 13, 14, 18, 22, 23], laboratory studies on the effect of salinity on survival and growth are scarce [24].

The Ebro delta is an estuarine environment that is influenced by rice crops. Agricultural practices regulate the hydrological cycles of the system, inducing periods of desalination and salination that are inverted in comparison with natural estuaries [25–27]. The Encanyissada lagoon is a shallow eutrophic coastal lagoon in the Natural Park on the right-hand semidelta of the Ebro delta [28]. The lagoon comprises a fluctuating ecosystem that receives fresh water drainage from irrigated lowland rice fields from April to October [25].

G. aequicauda is a characteristic and abundant macrofaunal species in the Ebro delta [9, 13]. *G. aequicauda* individuals are subject to large variations in salinity. For example, the salinity in Encanyissada lagoon fluctuates between 4 and 37 psu, with lower concentrations near the shore, where sudden drops of salinity down to 2–3 psu are observed during fresh water “discharge”. In this habitat, population densities of *G. aequicauda* vary greatly throughout the year [13], and the most important factors that regulate population density

of this amphipod are unknown Prato et al. [24] showed that the survival of *G. aequicauda* was affected by salinity with the optimal range of 15 psu to 36 psu. Kevrekidis et al. [14] concluded that life history, growth, and reproduction are not markedly affected by low salinity (0.3–5.7 psu) although low salinity does affect embryo viability. Previous studies on the biology and population dynamics in the Ebro delta showed that abundance is not correlated with changes in salinity [13]. Researchers argue about the ontogenetic variations in the osmoregulatory ability in some species of amphipods [6, 29–32], whereas in *G. aequicauda*, the salinity conditions in which embryos and juveniles can survive and develop are currently unknown.

The present work was aimed at studying the effects of salinity conditions on the survival and growth of juvenile *G. aequicauda* to provide information on their distribution range, growth, and ecology in the Ebro delta.

2. Materials and Methods

2.1. Collection and Acclimation of Amphipods. Amphipods were collected in February 2008 from Encanyissada lagoon at the communication channel of the lagoon with Alfacs Bay (Ebro Delta; 40°37' N 0°36' E) on the NW Mediterranean coast [13]. Collection was done with a hand-held net with a mesh size of 500 μm and a mouth aperture 35 cm in diameter. Water temperature at the collection site was 17°C, and salinity was 34 psu. Before experiments, animals were held in the laboratory for two days at this temperature and salinity.

After transferring the animals to the laboratory, the individuals were divided into two groups. Group 1: individuals were maintained in a 100 L aquarium provided with aeration and with natural sea water at the same conditions of the collection site (17°C and 34 psu salinity) and under an artificial 12 : 12 h light : dark cycle. Group 2: individuals were acclimated in a 100 L aquarium with a salinity of 9 psu stepwise to increasingly dilute media (decrements of ≤ 3 psu, at intervals of 1-2 days) about 2-3 weeks before any experiment was undertaken. The temperature and photoperiod were identical to that in group 1. The different experimental salinities were obtained by diluting filtered seawater from Alfacs Bay (34 psu) with appropriate quantities of freshwater (conductivity: 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Hyperhaline conditions (40 to 50 psu) were obtained by adding artificial seawater at a salinity of 70 psu. Salinity was checked by a WTW InoLab Level 3 refractometer. Both groups were fed the macroalgae (Chlorophyta) *Ulva* sp. (in excess) obtained in the collection sites. Twenty percent of the water from the aquariums was changed every 48 hours.

2.2. Experiments. To determine the effect of salinity on juvenile growth, brooding females from group 1 were directly transferred from water with the acclimation salinity (34 psu) to water with constant salinities of 0 (300 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 2, 4, 9, 19, 34, 40, and 50 psu. The mean brood size of *G. aequicauda* from the Ebro delta populations was 23.6 [13]. Females with a brood size < 15 were discarded. Three brooding females were placed individually in 10 L aquariums for each

treatment (three replicate). After hatching, females were removed, and 15 recently hatched juveniles were maintained in each aquarium and were reared until the end of juvenile development. The experiments were conducted under a 12 : 12 h light : dark regime. Temperature was maintained at $17 \pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm\text{SE}$), *Ulva* sp. were provided as food, and 50% of the water was exchanged every 48 hours. Five live juveniles from each treatment group and a replicate were measured cephalon length every 7 days for a total of 42 days.

To compare the effect of acclimation on juvenile growth at oligohaline conditions (< 5 psu), brooding females of group 2 were directly transferred from the acclimation salinity (9 psu) to water with the following constant salinities: 0 (300 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 2, 4, and 9 psu. The procedure was identical to the first experiment.

2.3. Measurements. Cephalon length (CL) was measured from the anterior margin (front) to the posterior dorsal margin of the cephalon. Body length (BL) was measured from the front to the base of the telson. CL was used as an individual size reference, because BL is difficult to measure, especially in live individuals; however, CL is an appropriate measure to estimate the size of the amphipods. To determine the relationship between BL and CL, 96 individuals were measured. The relationship between CL and BL was studied by a regression analysis. To measure CL during the experiments, each amphipod was placed on a glass slide and was examined for < 1 min to minimize the effects of hypoxia and handling stress. Measurements were taken with an image analyzing system (AnalySIS, Münster, Germany) connected to a stereomicroscope (Nikon SMZ800).

2.4. Data Analysis. The relative growth of body parts was determined using the allometric equation $\text{BL} = a\text{CL}^b$. Using the transformed variables $\log_{10} \text{BL}$ and $\log_{10} \text{CL}$ (logarithmic equation): $\log_{10} \text{BL} = \log_{10} a + b \log_{10} \text{CL}$, tests for departures from isometry ($H_0: b = 1$) were performed on the slope values obtained by the Student's *t*-test ($P < .001$). The statistical analysis of the growth data in the first and second experiments was performed by one-way ANOVA using the SigmaStat 3 (Systat Software Inc., USA) software package.

3. Results

3.1. Measurements. There exists a positive correlation between BL and CL ($r^2 = 0.9795$ and $n = 96$). The regression equation was:

$$\log_{10} \text{BL} = 1.211 \log_{10} \text{CL} + 0.2197. \quad (1)$$

(See Figure 1).

The relationship between BL and CL shows positive allometric growth ($b = 1.211$; $H_0: b = 1$; $t = -16.23$; $P < .001$). Therefore, body length (BL) was between 5 and 7 times greater than cephalon length (CL), depending on the size of the amphipod.

3.2. Experiment 1. *G. aequicauda* embryos and juveniles from brooding females acclimated at 34 psu salinity can survive and grow at salinities between 9 psu and 40 psu

TABLE 1: The survival, mean size (CL), mean CL growth rate (GR), and estimated BL growth rate (GR_c) (estimated from mean GR) at 42 d in *Gammarus aequicauda* at different salinity conditions. Abbreviations: AC, acclimation conditions.

AC (psu)	Treatment (psu)	CL \pm SD (μm)	GR \pm SD (CL, $\mu\text{m d}^{-1}$)	GR_c (BL, $\mu\text{m d}^{-1}$)	Survival (%)	Precopula pairs
34	0	—	—	—	0	—
34	2	—	—	—	0	—
34	4	—	—	—	0	—
34	9	974.6 \pm 51	14.9 \pm 1.2	120	93.3	+
34	19	1015.2 \pm 110	18 \pm 2.6	140	88.0	+
34	34	1040.1 \pm 36	18.5 \pm 1.0	143	90.0	+
34	40	713.7 \pm 24	10.9 \pm 0.6	80	82.0	—
9	0	—	—	—	0	—
9	2	827.5 \pm 50	13.5 \pm 1.2	102	78.3	—
9	4	976.9 \pm 37	17.3 \pm 1.0	132	88.0	+
9	9	924.4 \pm 49	16.7 \pm 1.2	125	81.6	+

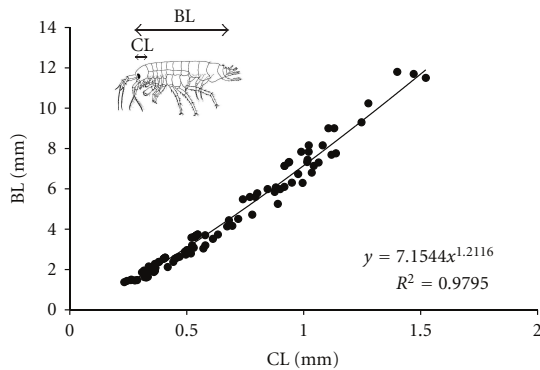


FIGURE 1: Dispersion diagram of BL (body length in mm) in relation to CL (cephalic length in mm) in 96 individuals of *Gammarus aequicauda*.

(Table 1; Figure 2(a)). At 4 psu, juveniles only survived 16 d. All ovigerous females died after 12–24 h at 0 psu and 2 psu. At 50 psu, brooding females survived, but no juveniles were observed. The size of individuals reared at 40 psu salinity was significantly lower after 42 d than those that received the other treatments ($P < .004$, ANOVA). At salinities between 9 and 34 psu, mature individuals (precopula pairs) were observed at the end of experiment after 42 d of culture. The lower growth rate was $10.9 \mu\text{m d}^{-1}$ (CL) at 40 psu, and the higher growth rate was $18.5 \mu\text{m d}^{-1}$ at 34 psu (Figure 3).

3.3. Experiment 2. *G. aequicauda* embryos and juveniles derived from females acclimated at 9 psu salinity can survive and grow in oligohaline conditions (2 psu and 4 psu) but not in freshwater (Table 1; Figure 2(b)). At 0 psu salinity, the ovigerous female died at 96–108 h, and no juveniles were observed. After 42 d, individuals reared at 2 psu salinity were smaller than those reared at 4 psu and 9 psu, but the differences were significant only for the 4 psu treatment group ($P < .018$, ANOVA). At 4 and 9 psu salinity conditions, precopula pairs were observed at the end of experiment

(42 d). The growth rate values (CL) obtained were 13.5–17.3 $\mu\text{m d}^{-1}$ (Figure 3).

4. Discussion

The relative growth of *Gammarus aequicauda* was previously studied by Kevrekidis et al. [33]. These authors showed that there is a positive correlation between cephalic length and body length. However, Kevrekidis and Lazaridou-Dimitriadou's equation differs from the equation found in the present study in terms of the slope ($b = 1.237$ versus $b = 1.211$, resp.). Both equations give similar results only for small sizes. The differences may be due to the geographically variability in the allometric growth.

Salinity as an environmental factor has been considered mostly in terms of its effects on survival, distribution, and reproductive strategies in marine and brackish-water amphipods [1, 3, 34–36]. The determination of the potential capacities of a population in relation to salinity conditions is an important prerequisite for assessing more complicated ecological situations. As expected, *Gammarus aequicauda* shows a high resistance to abrupt changes in salinity. The present study shows that *G. aequicauda* can survive and grow in a wide range of salinities between 2 psu and 40 psu. These values are similar to those reported in other euryhaline peracarida species, such as the isopod *Sphaeroma serratum* Fabricius [37], the tanaidacea *Tanais cavolinii* Milne-Edwards [38] and the amphipods *Hyale crassicornis* Haswell [39], *Traskorchestia traskiana* Stimpson [40], *Orchesia gammarellus* Pallas [41], *Orchesia chiliensis* Milne-Edwards [42], *Cyathura polita* Stimpson [6, 43] and *G. duebeni* Lillgeborg [44].

The limits of tolerance depend upon the conditions of acclimation. When *Gammarus aequicauda* has been acclimated at low salinity (9 psu), survival at oligohaline conditions is greatly increased. Gradual acclimation over long intervals of time resulted in better survival in amphipods [29]. The present results contrast with those obtained by Prato et al. [24]. According to these authors, a high percentage of *G. aequicauda* acclimated to 36 psu can survive

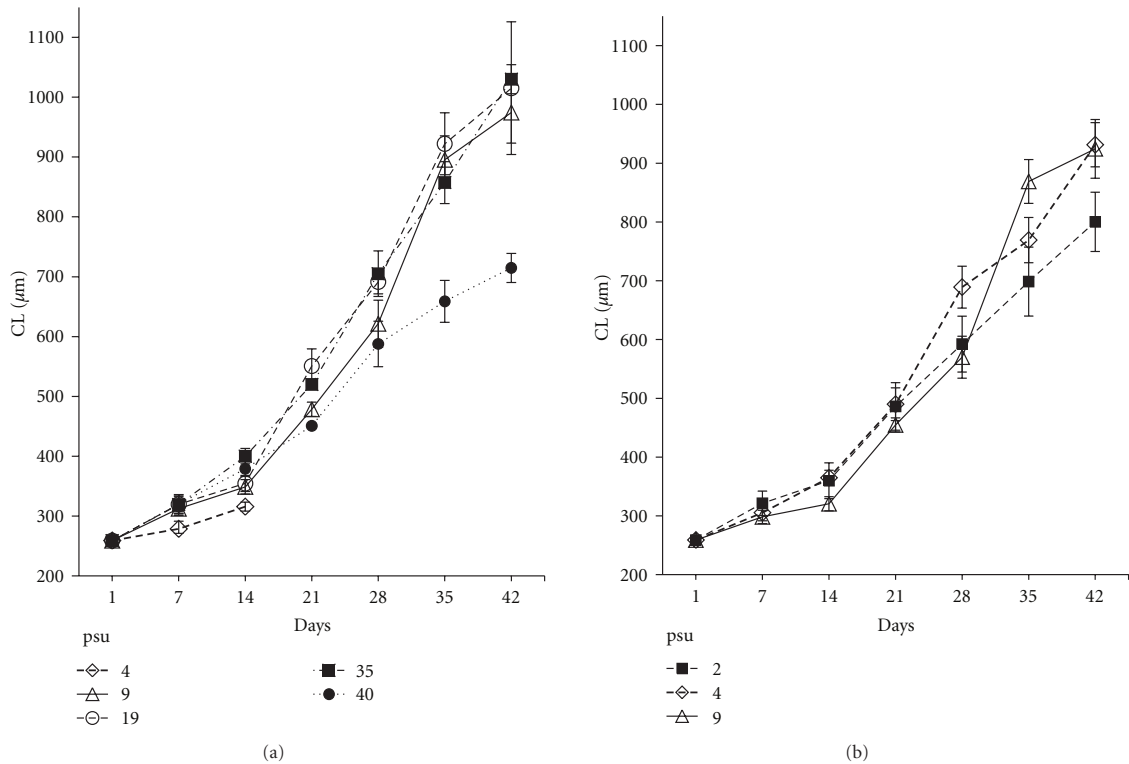


FIGURE 2: Growth of juveniles of *Gammarus aequicauda* (CL, μm). (a) First experiment: juveniles from ovigerous reproductive adults acclimated at 34 psu. (b) Second experiment: juveniles from reproductive adults acclimated at 9 psu.

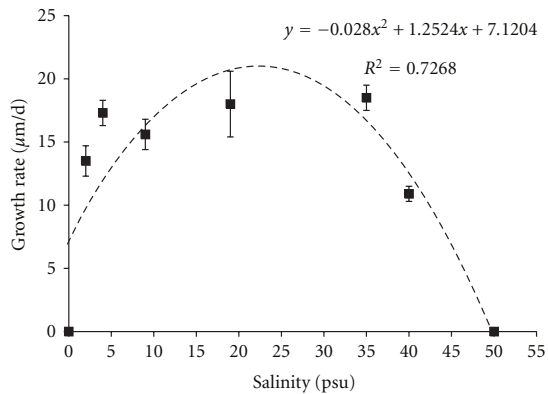


FIGURE 3: Growth rate of juveniles (CL, $\mu\text{m d}^{-1}$) of *Gammarus aequicauda* at different tested salinities (0, 2, 4, 9, 19, 34, 40, and 50 psu).

at low salinities (0 psu and 3 psu) for 10 days without any prior gradual acclimation to lower salinities. We have not been able to repeat Prato et al. results with individuals (adults or juveniles) of the Ebro delta population, perhaps due to possible intraspecific differences. Intraspecific geographical variations have been observed in other gammarid species,

such as physiological and geographical differences between Ireland and Britain populations of *G. duebeni* [44]. It is possible that populations of *G. aequicauda* from Mar Piccolo (Italy) have a higher capability for compensatory adjustments to rapid salinity changes than *G. aequicauda* from Ebro delta.

Kevrekidis et al. [14] suggested that the growth and reproductive biology of *G. aequicauda* are not markedly affected by low salinities. According to the present results, *G. aequicauda* could well tolerate the salinities that were reported in the study area (4–37 psu) [13]. Within this range of salinities, this species can survive, reproduce, and grow in the laboratory. These results are consistent with those of Delgado et al. [13] who did not find a correlation between monthly *G. aequicauda* abundance and salinity values. It is known that parameters such as temperature and infection with parasites can change the range of salinity tolerance in amphipods [29, 39, 45]. Therefore, other factors such as temperature, oxygen concentration, predation, and pollution should also be considered in future studies.

The daily increases in BL obtained in this study (80–143 $\mu\text{m d}^{-1}$; estimated from $\log\text{BL} = 1.211\log\text{CL} + 0.2197$) are high compared with the values previously recorded by Delgado et al. [13] from their polymodal frequency distribution analyses (21–99 $\mu\text{m BLd}^{-1}$). This discrepancy is likely due to sampling biases that interfere with the

frequency distribution analyses. Although the growth rate values obtained in this study agree with those recorded by Kevrekidis et al. [14] ($50\text{--}150\ \mu\text{m d}^{-1}$) and Greze [18] ($80\text{--}150\ \mu\text{m d}^{-1}$), these values are comparable to those reported in other amphipods. For instance, the growth rates of *Hyale crassicornis* were between $44\ \mu\text{m d}^{-1}$ and $114\ \mu\text{m d}^{-1}$ [39]. The lower growth rate values for *G. aequicauda* were obtained at extreme salinities (2 psu and 40 psu). It is likely that there is a higher energy requirement for osmoregulation under osmotic stress, which reduces the energy available for growth. D. H. Steele and V. J. Steele [3] observed a reduced growth rate to maturity in *Gammarus lawrencianus* with decreasing salinity (from 15–20 psu to 2.5 psu). Normant et al. [46] reported similar values for *G. oceanicus*.

Under laboratory conditions, *G. aequicauda* reaches sexual maturity at 42 d when females reach 6–7 mm in BL. Delgado et al. [13] reported that the minimum size of an ovigerous female was 5 mm. These results are similar to those obtained for other *Gammarus* species. For example, *G. locusta* reared in the laboratory at 20°C and 33 psu salinity becomes sexually mature at 35 d, whereas at 15°C and 20–33 psu salinities, age at maturity was estimated to be 49 d [47].

In conclusion, *Gammarus aequicauda* can adapt to a wide range of salinity conditions, allowing juveniles to grow in many habitats under natural conditions. Growth of *G. aequicauda* juveniles is optimal at 4–34 psu salinities and 17°C–18°C. Thus, the *G. aequicauda* life history was not markedly affected by salinity changes if changes are not extremely sharp.

Acknowledgment

Financial support to G. Guerao (postdoctoral fellowship; INIA) was provided by the Ministry of Science and Research.

References

- [1] J. Dorgelo, "Comparative ecophysiology of gammarids (Crustacea: Amphipoda) from marine, brackish and fresh-water habitats, exposed to the influence of salinity-temperature combinations - I. Effect on survival," *Hydrobiological Bulletin*, vol. 8, no. 1-2, pp. 90–108, 1974.
- [2] J. Dorgelo, "Salt tolerance in crustacea and the influence of temperature upon it," *Biological Review*, vol. 51, pp. 255–290, 1976.
- [3] D. H. Steele and V. J. Steele, "Effects of salinity on the survival, growth rate, and reproductive output of *Gammarus lawrencianus* (Crustacea, Amphipoda)," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 78, no. 1, pp. 49–56, 1991.
- [4] O. Kinne, "Ecological data on the amphipod *Gammarus duebeni*. A monograph," *Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung Bremerhaven*, vol. 6, pp. 177–202, 1959.
- [5] O. Kinne, "The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. 11. Salinity and temperature-salinity combinations," *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, vol. 2, pp. 281–339, 1964.
- [6] G. Charmantier and M. Charmantier-Ôaures, "Ontogeny of osmoregulation in crustaceans: the embryonic phase I," *American Zoologist*, vol. 41, no. 5, pp. 1078–1089, 2001.
- [7] E. Cacabelos, A. Lourido, and J. S. Troncoso, "Composition and distribution of subtidal and intertidal crustacean assemblages in soft-bottoms of the Ria De Vigo (NW Spain)," *Scientia Marina*, vol. 74, no. 3, pp. 455–464, 2010.
- [8] E. Prato and F. Biandolino, "Seasonal changes in population of the Amphipod *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931)," *Mediterranean Marine Science*, vol. 4, no. 1, pp. 49–56, 2003.
- [9] M. Menéndez and F. A. Comín, "Consumption of macrophytes by invertebrates in Tancada lagoon (NE Spain)," *Scientia Marina*, vol. 54, pp. 139–144, 1990.
- [10] I. Petrescu, "Contribution to the knowledge of amphipods (Crustacea) from Romania. II. *Gammarus aequicauda* (Martynov), *G. balcanicus* (Chăferna) and *Orchestia cavimana* (Heller)," *Travaux du muséum d'histoire naturelle "Grigore Antipa"*, vol. 34, pp. 303–324, 1994.
- [11] A. Sfriso, T. Birkemeyer, and P. F. Ghetti, "Benthic macrofauna changes in areas of Venice lagoon populated by seagrasses or seaweeds," *Marine Environmental Research*, vol. 52, no. 4, pp. 323–349, 2001.
- [12] C. Casagrande, M. S. Dridi, and C. F. Boudouresque, "Abundance, population structure and production of macroinvertebrate shredders in a Mediterranean brackish lagoon, Lake Ichkeul, Tunisia," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 66, no. 3-4, pp. 437–446, 2006.
- [13] L. Delgado, G. Guerao, and C. Ribera, "The Gammaridea (Amphipoda) fauna in a Mediterranean coastal lagoon: considerations on population structure and reproductive biology," *Crustaceana*, vol. 82, no. 2, pp. 191–218, 2009.
- [14] T. Kevrekidis, G. Kourakos, and T. Boubonari, "Life history, reproduction, growth, population dynamics and production of *gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) at extremely low salinities in a mediterranean lagoon," *International Review of Hydrobiology*, vol. 94, no. 3, pp. 308–325, 2009.
- [15] J. T. A. Verhoeven, "The ecology of *Ruppia*-dominated communities in western Europe. III. Aspects of production, consumption and decomposition," *Aquatic Botany*, vol. 8, no. C, pp. 209–253, 1980.
- [16] E. Prato and F. Biandolino, "Amphipod biodiversity of shallow water in the Taranto seas (north-western Ionian Sea)," *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 85, no. 2, pp. 333–338, 2005.
- [17] M. Sezgin and T. Katağan, "An account of our knowledge of the amphipod fauna of the Black Sea," *Crustaceana*, vol. 80, no. 1, pp. 1–11, 2007.
- [18] I. I. Greze, "Life cycle of *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) in the Black Sea," *Crustaceana*, vol. 4, supplement, pp. 88–90, 1977.
- [19] T. Kevrekidis and A. Koukouras, "Bionomy of the amphipods in the Evros Delta (north Aegean Sea)," *Marine Ecology*, vol. 9, no. 3, pp. 199–212, 1988.
- [20] T. Kevrekidis and A. Koukouras, "Seasonal variation of abundance of *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) in the Evros Delta (NE Greece)," *Israel Journal of Zoology*, vol. 36, no. 3-4, pp. 113–123, 1989.
- [21] N. Gouvis, T. Kevrekidis, A. Koukouras, and E. Voultsiadou, "Bionomy of macrobenthic polychaetes in the Evros Delta (North Aegean Sea)," *International Review of Hydrobiology*, vol. 83, no. 2, pp. 145–161, 1998.
- [22] T. Kevrekidis, A. Mogias, and N. Gouvis, "Interannual changes in the composition of the macrobenthic fauna of Drana lagoon (Evros Delta, n. Aegean Sea): preliminary note," *Belgian Journal of Zoology*, vol. 130, supplement 1, pp. 101–107, 2000.

- [23] H. Janssen, M. Scheepmaker, M. Van Couwelaar, and S. Pinkster, "Biology and distribution of *Gammarus aequicauda* and *G. insensibilis* (Crustacea: Amphipoda) in the lagoon system of Bages-Sigean (France)," *Bijdragen tot de Dierkunde*, vol. 49, pp. 42–70, 1979.
- [24] E. Prato, F. Biantolino, and C. Scardicchio, "Postembryonic growth, development and reproduction of *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) (Gammaridae) in laboratory culture," *Zoological Studies*, vol. 45, no. 4, pp. 503–509, 2006.
- [25] J. Camp and M. Delgado, "Hidrografía de las bahías del delta del Ebro," *Investigación Pesquera*, vol. 51, pp. 351–369, 1987.
- [26] M. Menéndez and F. A. Comín, "Spring and summer proliferation of floating macroalgae in a mediterranean coastal lagoon (Tancada Lagoon, Ebro Delta, NE Spain)," *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 51, no. 2, pp. 215–226, 2000.
- [27] M. Menéndez, J. Herrera, and F. A. Comín, "Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth, chlorophyll content and tissue composition of the macroalga *Chaetomorpha linum* (O.F. Müll.) Kütz in a Mediterranean coastal lagoon Efecto De La Adición De Nitrógeno Y Fósforo En El Crecimiento, Concentración De Clorofila Y Nutrientes En La Macroalga *Chaetomorpha Linum* (O.F. Müll.) Kütz En Una Laguna Coostera Mediterránea," *Scientia Marina*, vol. 66, no. 4, pp. 355–364, 2002.
- [28] F. A. Comín, "Características físicas y químicas y fitoplancton de las lagunas costeras Encanyissada, Tancada y Buda (Delta del Ebro)," *Oecologia Aquatica*, vol. 7, pp. 79–169, 1984.
- [29] N. A. Berezina and V. E. Panov, "Distribution, population structure and salinity tolerance of the invasive amphipod *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) in the Neva Estuary (Gulf of Finland, Baltic Sea)," *Hydrobiologia*, vol. 514, pp. 199–206, 2004.
- [30] D. Morrith and J. I. Spicer, "Changes in the pattern of osmoregulation in the brackish water amphipod *Gammarus duebeni* Lilljeborg (Crustacea) during embryonic development," *Journal of Experimental Zoology*, vol. 273, no. 4, pp. 271–281, 1995.
- [31] M. F. Gable and R. A. Croker, "The salt marsh amphipod, *Gammarus palustris* Bousfield, 1969 at the northern limit of its distribution. II. Temperature-salinity tolerances," *Estuarine and Coastal Marine Science*, vol. 6, no. 2, pp. 225–230, 1978.
- [32] M. Tedengren, M. Arnér, and N. Kautsky, "Ecophysiology and stress response of marine and brackish water *Gammarus* species (Crustacea, Amphipoda) to changes in salinity and exposure to cadmium and diesel-oil," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 47, pp. 107–116, 1988.
- [33] T. Kevrekidis and M. Lazaridou-Dimitriadou, "Relative growth and secondary production of the Amphipod *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931) in the Evros Delta (North Aegean Sea)," *Cahiers de Biologie Marine*, vol. 29, no. 4, pp. 483–495, 1988.
- [34] O. Guelorget and J. P. Perthuisot, "Paralic ecosystems: biological organization and functioning," *Vie et Milieu*, vol. 42, no. 2, pp. 215–251, 1992.
- [35] M. D. Subida, M. R. Cunha, and M. H. Moreira, "Life history, reproduction, and production of *Gammarus chevreuxi* (Amphipoda: Gammaridae) in the Ria de Aveiro, northwestern Portugal," *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 24, no. 1, pp. 82–100, 2005.
- [36] P. Maranhão and J. C. Marques, "The influence of temperature and salinity on the duration of embryonic development, fecundity and growth of the amphipod *Echinogammarus marinus* Leach (Gammaridae)," *Acta Oecologica*, vol. 24, no. 1, pp. 5–13, 2003.
- [37] G. Charmantier and M. Charmantier Daures, "Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in the isopod crustacean *Sphaeroma serratum*," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 114, no. 1-2, pp. 93–102, 1994.
- [38] M. L. Casabianca, "Influence des apports d'eau douce sur la dynamique des populations de crustacés constructeurs de l'étang de Biguglia, Corse (*Corophium insidiosum* C., *Tanais cavolinii* M. E., *Erichthonius brasiliensis* D.)," *Vie et Milieu*, vol. 23, pp. 45–63, 1973.
- [39] K. H. Tsoi, K. M. Chiu, and K. H. Chu, "Effects of temperature and salinity on survival and growth of the amphipod *Hyale crassicornis* (Gammaridea, Hyalidae)," *Journal of Natural History*, vol. 39, no. 4, pp. 325–336, 2005.
- [40] H. Koch, "Salinity tolerance and osmoregulation of *Traskorchestia traskiana* (Stimpson, 1857) (Amphipoda, Talitridae)," *Crustaceana*, vol. 61, no. 1, pp. 21–37, 1991.
- [41] P. G. Moore and C. H. Francis, "Environmental tolerances of the beach-hopper *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Crustacea: Amphipoda)," *Marine Environmental Research*, vol. 19, no. 2, pp. 115–129, 1986.
- [42] I. D. Marsden, "Effects of constant and cyclic temperatures on the salinity tolerance of the estuarine sandhopper *Orchestia chilensis*," *Marine Biology*, vol. 59, no. 4, pp. 211–218, 1980.
- [43] B. J. Kelley and W. D. Burbanck, "Responses of embryonic *Cyathura polita* (Stimpson) (Isopoda: Anthuridea) to varying salinities," *Chesapeake Science*, vol. 17, no. 3, pp. 159–167, 1976.
- [44] D. W. Sutcliffe and J. Shaw, "Sodium Regulation in the Amphipod *Gammarus duebeni* Lilljeborg from freshwater localities in Ireland," *Journal of Experimental Biology*, vol. 48, pp. 339–358, 1968.
- [45] C. Piscart, D. Webb, and J. N. Beisel, "An acanthocephalan parasite increases the salinity tolerance of the freshwater amphipod *Gammarus roeseli* (Crustacea: Gammaridae)," *Naturwissenschaften*, vol. 94, no. 9, pp. 741–747, 2007.
- [46] M. Normant, E. Schmolz, and I. Lamprecht, "Heat production rate of the Baltic amphipod *Gammarus oceanicus* at varying salinities," *Thermochimica Acta*, vol. 415, no. 1-2, pp. 135–139, 2004.
- [47] T. Neuparth, F. O. Costa, and M. H. Costa, "Effects of temperature and salinity on life history of the marine amphipod *Gammarus locusta*. Implications for ecotoxicological testing," *Ecotoxicology*, vol. 11, no. 1, pp. 61–73, 2002.

3.5. A record of the Mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (Crustacea: Mysida) from the Western Mediterranean, with A Complete morphological Description .

Carlos San Vicente, Lidia Delgado, Esteban Hernandez and Guillermo Guerao.

Registre del mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (*Crustacea*) en el Oest de la Mediterrania, amb una descripció morfològica complerta

El Mysida *Hemimysis lamornae mediterranea* Bacescu 1936 es va descriure a partir de mostres aconseguides al Delta de l'Ebre costa nord-occidental de la Mediterrània, Espanya.

Fins ara, aquesta subespècie només es coneixia al Golf de Nàpols i a Marsella; aquest és el primer registre de *H. lamornae mediterranea* a la costa de la península Ibèrica. *Hemimysis lamornae mediterranea* es distingeix dels seus congèneres més propers, *H. lamornae typica* (Couch, 1856) i *H.lamornae pontica* (Czerniavsky, 1882) pel nombre de setes, la forma de la maxil·la, i el nombre relativament petit d'espines en l'endopodi de l'uropodi i en el marge lateral del tèlson.

A record of the mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (Crustacea: Mysida) from the western Mediterranean, with a complete morphological description

CARLOS SAN VICENTE¹, LIDIA DELGADO², ESTEBAN HERNANDEZ³ AND GUILLERMO GUERAO³

¹c/Nou núm 8, 43839-Creixell, Tarragona, Spain, ²Departament de Biologia Animal, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Avenida Diagonal 645, Barcelona, Spain, ³IRTA, Unitat Operativa de Cultius Aquàtics, Ctra. Poble Nou, Km 5.5, 43540-Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, Spain

The mysid Hemimysis lamornae mediterranea Bacescu, 1936 is described from specimens sampled in the Ebro Delta, Spain, north-western Mediterranean. To date, this subspecies was only known from the Gulf of Naples and Marseille; this is the first record of the H. lamornae mediterranea on the Iberian Peninsula coast. Hemimysis lamornae mediterranea is distinguishable from its closest congeners, H. lamornae typica (Couch, 1856) and H. lamornae pontica (Czerniavsky, 1882) by the number of setae, the shape of the maxilla, and the relatively smaller number of spines on the uropod endopod and on the lateral margin of the telson.

Keywords: taxonomy, Mysidae, *Hemimysis*, Ebro Delta, Spain, western Mediterranean Sea

INTRODUCTION

Although the Mediterranean Sea is one of the best known geographical areas of the world, there are many regions and habitats that remain insufficiently studied, and several taxonomic groups are still poorly known from this region (Coll *et al.*, 2010). Improved species descriptions as well as data on geographical distributions are still a high priority. The Ebro Delta, Spain constitutes a good example of how a coastal area of great ecological significance in the western Mediterranean can still remain insufficiently known for some crustacean peracarid taxa such as mysids.

Hemimysis is a group of small-sized and usually red coloured mysids widely distributed throughout the north-eastern Atlantic Ocean, the Mediterranean Sea, the Black Sea and the Caspian Sea (Tattersall & Tattersall, 1951; Bacescu, 1954; Ledoyer, 1989). Usually, *Hemimysis* individuals form dense swarms in open waters (>6000 ind. m^{-3} ; Ketelaars *et al.*, 1999) or in dark submarine caves (more than 10^5 individuals m^{-3} ; Carola *et al.*, 1993). Some species have been extensively studied, mainly *H. anomala* involved in recent invasive events in the northern hemisphere (see Wittmann & Ariani, 2009; Minchin & Boelens, 2010 for references). The genetic structure of Mediterranean cave-dwelling *Hemimysis* populations has been studied for *H. margalefi* and *H. speluncola* (Lejeusne & Chevaldonné, 2006). This work confirms the strong influence of habitat disjunction (natural fragmentation) on population structure.

Hemimysis lamornae has a vast distribution from sub-Arctic Icelandic waters to the North Sea and western Baltic waters and to the Mediterranean and the Black Sea. The species breeds all the year (at least in captivity) and its biology is reasonably well studied (Cannon & Manton, 1927; Manton, 1928; Foxon, 1940; Tattersall & Tattersall, 1951). Bacescu (1936) distinguished 3 subspecies, according to size-range of individuals, number of thoracopod articles, armature of uropod and telson: *H. lamornae typica* (Couch, 1856) from the Atlantic European coast; *H. lamornae mediterranea* Bacescu, 1936 from the Mediterranean Sea; and *H. lamornae pontica* (Czerniavsky, 1882) from the Black Sea. As demonstrated by its extended distributional area, *H. lamornae* shows remarkable adaptative capacities.

The subspecies *H. lamornae mediterranea* is documented from the Ebro Delta (Sant Carles de la Ràpita, Spain). However, *H. lamornae mediterranea* was only known from the Gulf of Naples (Bacescu, 1936; Wittmann, 2001) and a submarine cave in Marseille (Ledoyer, 1989). The present paper deals with the recent discovery of a new population in the Ebro Delta, Sant Carles de la Ràpita, Spain. Previous descriptions only describe the main diagnostic characters of *H. lamornae mediterranea*. This present study provides a full description of both the male and female, as well as information on ontogenetic variability of diagnostic characters of this Catalanian population.

MATERIALS AND METHODS

Mysids were collected from a breakwater of the Sant Carles de la Ràpita harbour (Alfacs Bay, Ebro Delta, $40^{\circ}37'12''N$ $0^{\circ}35'34''E$) at a depth of 0.3–0.5 m. Samplings were carried out in June and November 2010, always during night-time

Corresponding author:
G. Guerao
Email: guillermo.guerao@irta.cat

(21:00–22:00 h), with a hand-held net (mesh-size: 500 µm; mouth aperture diameter: 35 cm). Samples were preserved in 70% ethanol for laboratory examination.

Individuals of *H. lamornae mediterranea* were identified and separated from other species and classified into 6 demographic categories according to the following sexual characteristics: (1) juveniles (secondary sexual characteristics absent); (2) immature males (terminal segment of the antennular peduncle with non-hirsute appendix masculina on the ventral surface; with developing pleopod 4); (3) mature males (antennule with hirsute appendix masculina; pleopod 4 developed); (4) immature females (with developing oostegites at the bases of the two posterior thoracopods); (5) mature females (with a well-developed marsupium); and (6) brooding females (mature females with eggs or larvae in the marsupium).

The total length (TL) was measured from the tip of the rostrum to the posterior end of the telson, excluding spines. Dissection and measurements were taken with a Nikon SMZ800 stereo microscope equipped with an image analysing system (AnalySIS, SIS, Münster, Germany). An Olympus BH-2 microscope was used for the description of appendages morphology.

SYSTEMATICS

Order MYSIDA Haworth 1825

Family MYSIDAE Haworth, 1825

Subfamily MYSINAE Haworth, 1825

Genus *Hemimysis* Sars, 1879

Hemimysis lamornae mediterranea Bacescu, 1936

(Figures 1–6)

Hemimysis lamornae, Norman (1892), pp. 247–249, partim.

Hemimysis sp. Colosi (1929), pp. 428–430, figure 21.

Hemimysis lamornae mediterranea, Bacescu (1936), pp. 77–82, figure 3.

Hemimysis lamornae, Tattersall (1951), p. 163.

Hemimysis lamornae, Tattersall & Tattersall (1951), p. 335.

Hemimysis lamornae mediterranea, Ledoyer (1989), pp. 45–46, figure 3.

MATERIAL EXAMINED

Sant Carles de la Ràpita harbour, Ebro Delta, Spain: 9 brooding females (TL range: 5.5–6.2 mm); 4 immature females (TL range 4.6–5.1 mm); 4 mature males (TL range 4.8–5.8 mm); 10 immature males (TL range 3.3–4.4 mm); 3 juveniles (TL range 2–3.2 mm) and 1 intramarsupial postnauploid specimen; 30 April 2010. A total of 10 males and 10 females have been deposited in the Biological Collections of Reference of the Institut de Ciències del Mar (CSIC) in Barcelona, under accession codes ICM_20110207_01.

DESCRIPTION

General form robust. Carapace with a short subtriangular rostrum with rounded apex; antero-lateral angles rounded; posterior margin emarginated, leaving the last two thoracic somites exposed in dorsal view; cervical groove present. Eyes large, globular, slightly broader than the eyestalk, extending laterally beyond the limits of the carapace; cornea pigment black. Pleon with first five somites subequal in length; sixth somite twice as long as the fifth (Figure 1A–C). Antennular peduncle as long as antennal scale; first article longer than

broad, second article shortest, third article slightly longer than broad supporting an hirsute appendix masculina on the male (Figure 1E). Antennal peduncle 3-segmented, not extending beyond antennal scale; second article longest; inner distal margin of second and third articles with 1–2 and one setae, respectively. Protopod of antenna with outer distal angle rounded. Antennal scale lanceolate, with apical suture, 3.5 times as long as maximum width, proximal half of outer margin naked and straight (Figure 1D, F). Labrum almost oval, longer than wide, posterior margin with two distinct areas consisting of a cluster of short setae and an area covered with small scale-like protrusions (Figure 2A, B). Mandibles well developed; three-segmented palp, 2nd article about twice as long as 3rd with 3–7 setae on dorsal margin and 21–22 setae on ventral margin (Figure 2C, F). Distal segment of mandible palp with 18 ventral spinose setae and one distal large conspicuous seta, dorsal margin with two setae (Figure 2D). Left mandible setal row consisting of four hirsute spines and right mandible setal row consisting of one hirsute spine and four entire spines (Figure 2E, G). Maxillule basis (outer lobe) apex armed with ten setae and five setae on ventral surface; coxal endite (inner lobe) with three apical setae and a row of small setae (Figure 2H). Maxilla with distal article of endopod longer than wide, setose on its distal two-third distal margin, apex armed with three cuspidate setae; exopod extending to 1/3 of distal article of endopod, with 22 setae on lateral margin; lateral margin of coxa armed with 11 setae (Figure 2I, J). First and second thoracic appendages formed as maxillipeds, similar to those of other species of the genus. First thoracopod with prominent lobe on the basis armed with 13 spinose setae and two rows of small setae on the proximal and distal margins; endopod with ischium and merus subequal in length, armed with 3 and 4 spinose setae on their medial margins, respectively; carpus with 7 spinose setae on its medial margin and 1 distal spinose seta on its distal margin; propodus with 3 spinose setae on its proximal medial margin, 3 spinose setae on its distal margin and 6 spinose setae on its lateral margin; dactylus shorter than propodus, armed with 8 spinose setae and 1 distal strong nail (Figure 3A, B). Second thoracopod longer than first; endopod with the merus armed with 3 setae on its medial margin; carpus and propodus subequal in length armed with a single medial seta and 2 medial distal setae, respectively; dactylus half length of propodus, armed distally with 3 strong and spinose nails (Figure 3C, D). Third to eighth thoracopods with the endopod longer than exopod; endopods with the inner margin of the basis rounded, pre-ischium short and more or less triangular in shape, ischium and merus subequal in length, carpo-propodus three-segmented, dactylus shorter than the distal segment of the carpo-propodus and armed with a slender nail; exopods nine segmented (Figure 3E–L). Male genital apophyses bearing hirsute apical setae (Figure 4A). Female pleopods rudimentary, unsegmented plates (Figure 4I–M). Male pleopods 1 and 2 stronger and larger than female pleopods; pleopod 3 with large sympod (Figure 4B–C); endopod short, unsegmented and armed with a few setae (Figure 4D); pleopod 4 with small unsegmented endopod; exopod five-segmented, distal articles bearing a long seta which is armed terminally with a shorter seta with small setae along one side (Figure 4E, G, H); pleopod 5 biramous, with two segmented sympod, and four articles both

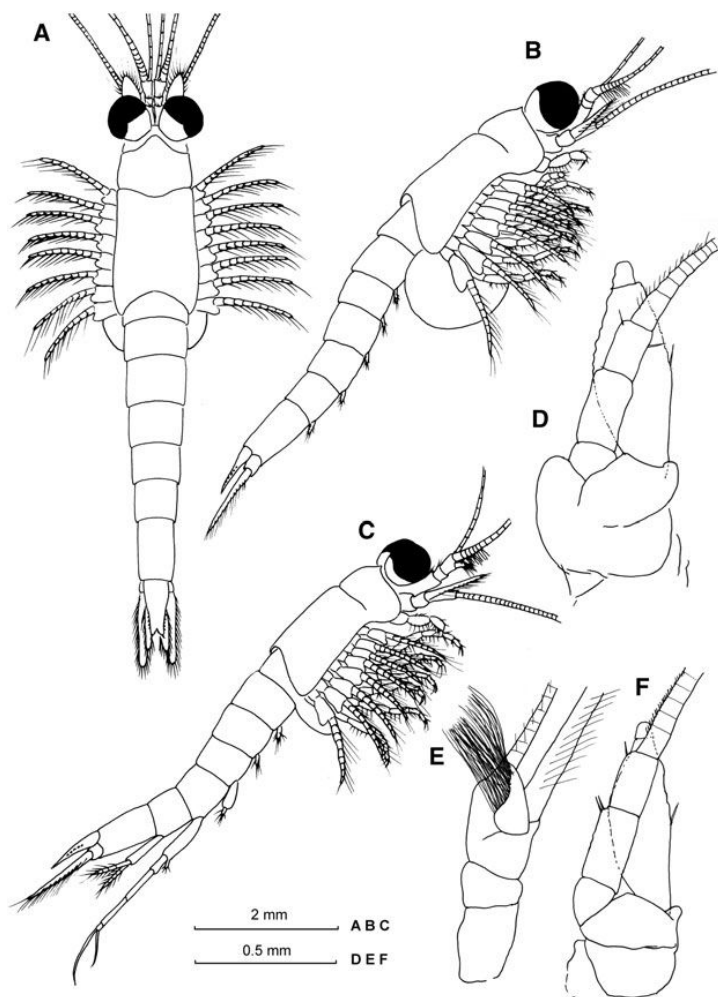


Fig. 1. *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Ebro Delta. (A) Female, dorsal view; (B) female, lateral view; (C) male, lateral view; (D) antenna of female, ventral view; (E) antennula of male, dorsal view; (F) antenna of male, ventral view. (A–B) Brooding female, TL = 6.8 mm; (C) mature male, TL = 6.2 mm; (D) brooding female, TL = 6.1 mm; (E–F) mature male, TL = 5.8 mm.

on endopod and exopod (Figure 4F). Exopod of uropod slender, about one and half times as long as the telson. Endopod of uropod shorter, extending beyond apex of telson for 1/4 of its length, armed on the inner margin near statocyst with two or three (juveniles) to five (mature female) setae (Figure 5A–D). Telson short, about sub-equal in length to the last abdominal somite, two times as long as broad (Figure 5E); lateral margins converging distally, armed on the distal half with 3–4 (postnauploide and juveniles) to seven (mature male) setae; telson cleft to about one fourth of its length, cleft armed with 6–8 (juveniles) to 14 (mature male and female) spines; apical lobes with a long strong seta at distal end (Figure 5F–J).

SIZE

Maximum size (total length) was 5.8 mm in adult males and 6.2 mm in females.

COLOUR

The Ebro Delta individuals have the body transparent with red-orange coloured specks evenly distributed on the carapace, eyestalks, medial dorsal and ventral pleon, thoracopods, pleopods, telson and uropods; with large black eyes (Figure 6).

DISTRIBUTION

Mediterranean Sea, known from Naples, Italy; Marseille, France and Ebro Delta, Spain.

HABITAT

Hemimysis lamornae mediterranea is a slightly euryhaline species that lives in shallow waters between and on rocks, algae (*Cystoseira*) or among *Zostera* (Bacescu, 1936, 1941). It emerges from outside on the sea bottom during the night and also in the nocturnal surface plankton (Wittmann, 2001). During the day, it is an abundant species in some submarine caves where it had a tendency to occur in abundance

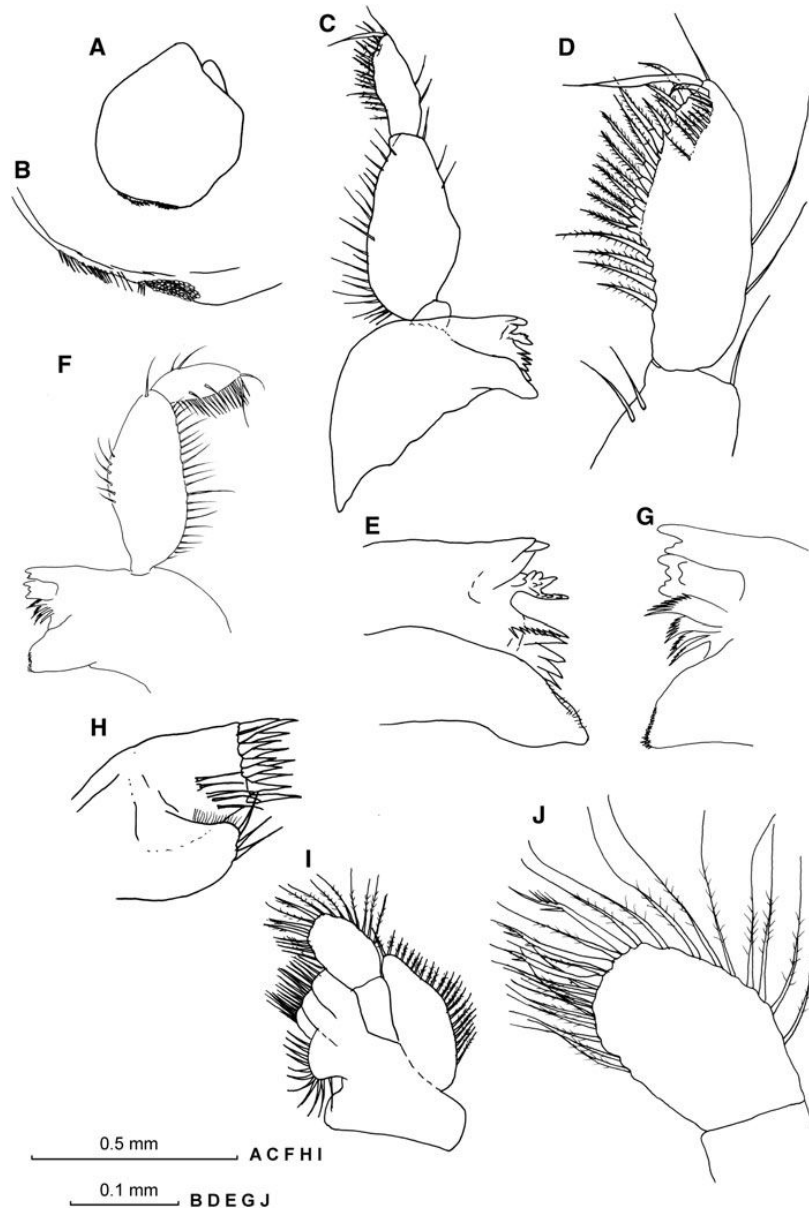


Fig. 2. *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Ebro Delta. (A) Labrum; (B) posterior margin of labrum; (C) right mandible; (D) mandibular palp, articles 2 and 3; (E) incisor to molar processes of right mandible; (F) left mandible; (G) incisor to molar processes of left mandible; (H) maxillule; (I) maxilla; (J) maxillar palp. (A–B, F–G & I–J) Brooding female, TL = 6.1 mm; (C–E) mature male, TL = 5.8 mm; (H) immature male, TL = 4.4 mm.

in the moderately lit areas being replaced in the darkest areas by *H. margalefi* and *H. spelunca* (Ledoyer, 1989).

REMARKS

Hemimysis lamornae mediterranea Bacescu, 1936 closely resembles the other two subspecies, *H. lamornae typica* (Couch, 1856) and *H. lamornae pontica* (Czerniavsky, 1882). The three subspecies can be distinguished by their different size as well as by some morphological details. However, Ledoyer (1989) expressed doubts about their validity and proposed to raise *H. lamornae mediterranea* as a valid separate species.

In the northern species, *H. lamornae typica*, the range of adults length was 8–10 mm, the cleft of the telson was one-quarter of its length, the lateral margins of the telson were armed with seven to ten setae, the endopods of the uropods were armed with 10–12 setae and the spinules arming the cleft of the telson were 36 (Sars, 1879; Tattersall & Tattersall, 1951).

Bacescu (1936) examined large numbers of specimens of *H. lamornae* from Romanian waters and the Gulf of Naples. By comparing these with the descriptions of specimens from northern waters of Europe, he found that certain differences between them remained constant. Adult

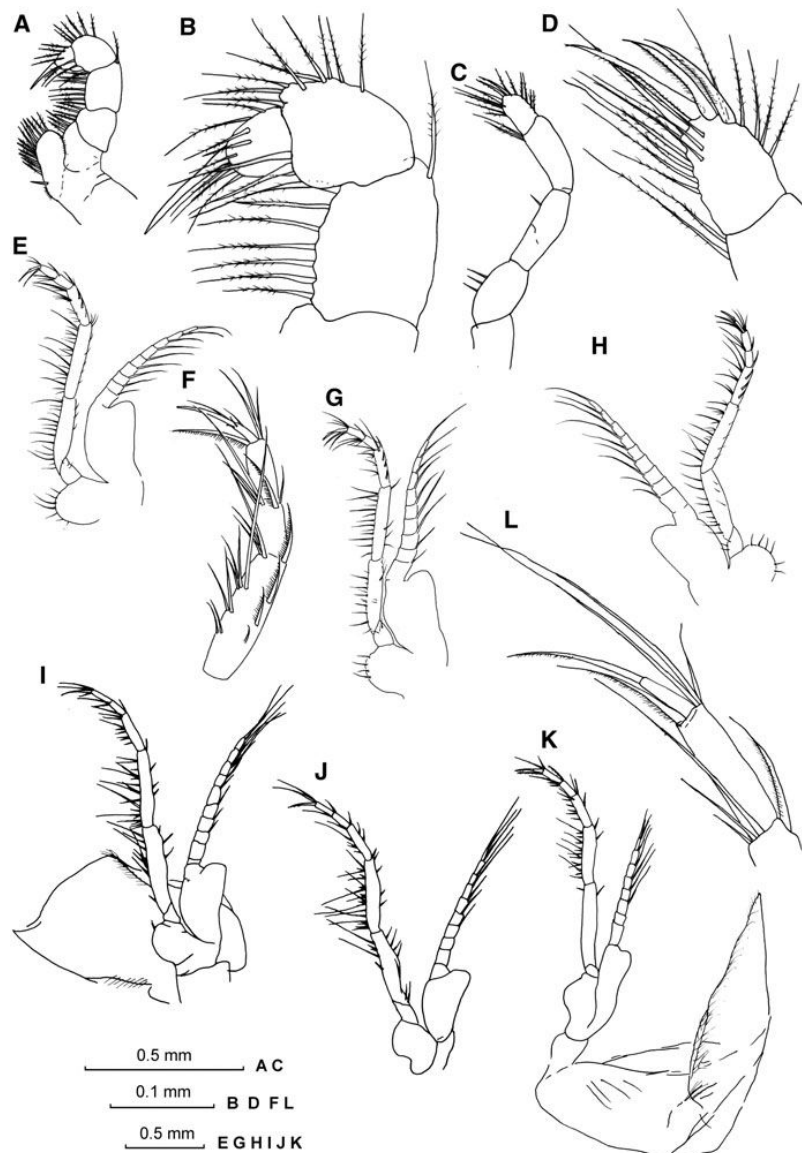


Fig. 3. *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Ebro Delta. (A) Endopod of first maxilliped; (B) distal articles of endopod of first maxilliped; (C) endopod of second maxilliped; (D) distal article of endopod of second maxilliped; (E) third thoracopod; (F) distal articles of third thoracopod endopod; (G–K) fourth to eighth thoracopods; (L) distal articles of eighth thoracopod endopod. (A–B) Mature male, TL = 5.8 mm; (C–D & I–K) brooding female, TL = 6.1 mm; (E–H) brooding female, TL = 5.1 mm.

specimens from Romanian waters, including many breeding, and therefore adult, females agreed closely with Czerniavsky's description of *H. pontica*. The length of adults was 6–7 mm, the cleft of the telson was only one-seventh to one-eighth of the telson length, the lateral margins of the telson were armed with five to eight setae, the uropod endopods were armed with a single seta and the spinules arming the cleft of the telson were sixteen to seventeen. Bacescu (1936) found that these characters were quite constant and he did not find any intermediate forms between the Romanian and Napoli specimens. He considered that the northern type, as described by Sars (1879), Norman (1860) and Zimmer (1909), was the original species and called it *Hemimysis*

lamornae var. *typica*; that the Naples type, which he called *H. lamornae* var. *mediterranea* has been derived from it and that the Romanian form, *H. lamornae* var. *reducta* (synonymous with *H. pontica*, Czerniavsky, 1882) was derived from the Mediterranean form. Such a zoogeographical scheme was supported and amplified to new species by Ledoyer (1989).

The Mediterranean specimens of *H. lamornae mediterranea* from Naples were 6–8 mm in length, the cleft of the telson was one-fifth to one-sixth of the length of the telson, the cleft was armed with 22–30 spinules, the lateral margins bore five to seven setae, the inner margin of the endopod of the uropod was armed with three to five setae and the tarsus

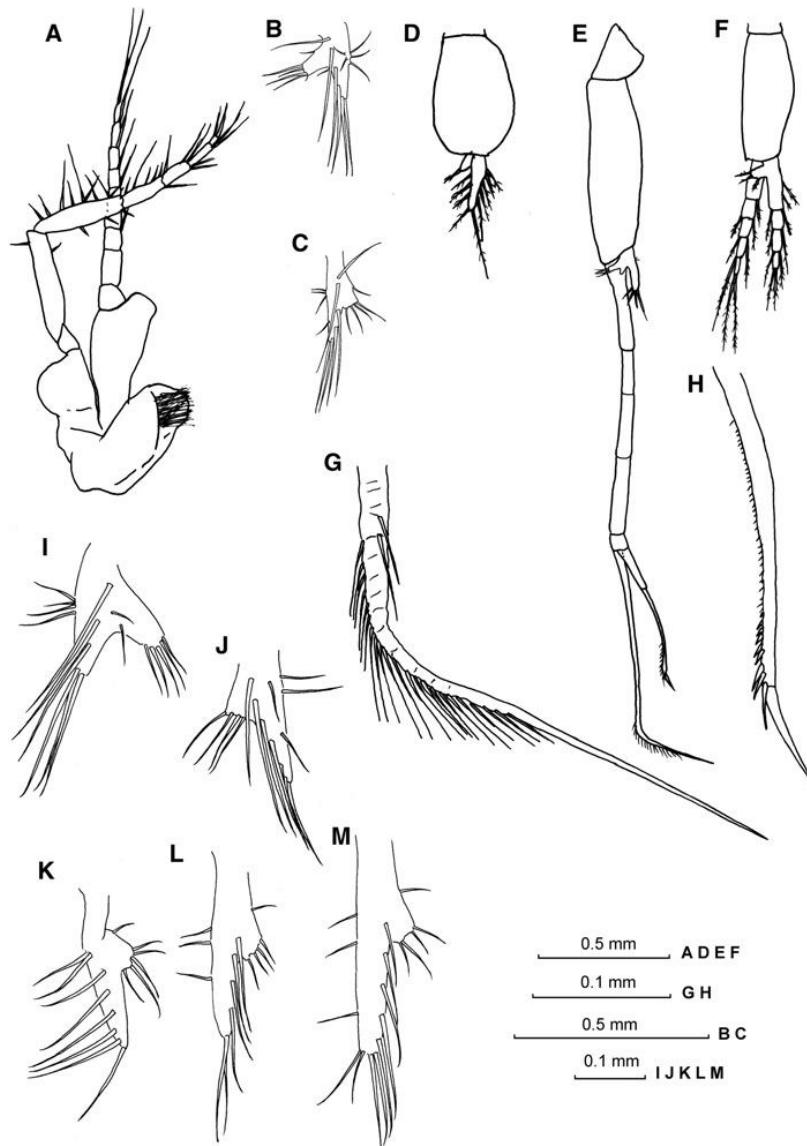


Fig. 4. *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Ebro Delta. (A) Eighth male thoracopod; (B–F) first to fifth male pleopods; (G, H) distal armed setae of penultimate and ultimate articles of 4th male pleopod exopod, respectively; (I–M) first to fifth female pleopod. (A, & D–H) Mature male, TL = 5.8 mm; (B–C) mature male, TL = 5 mm; (I–M) brooding female, TL = 6.0 mm.

of the endopods of the thoracic limbs was divided into only three, rarely four, subsegments (Bacescu, 1936).

The Ebro Delta specimens agree with the Bacescu's description of the Naples population of *H. lamornae mediterranea* but there is some difference with the Marseille specimens studied by Ledoyer (1989). The specimens from Marseille differ slightly from those of the Naples and Ebro Delta, especially in the number of setae on the inner margin of the uropod endopod (armed with 2–3 setae) and the thoracopod carpo-propodus (divided into four subsegments, three-segmented in the Naples and Ebro Delta populations). Nevertheless, the number of setae and the shape of the maxilla, the relatively small number of spines on the uropod endopod and on the lateral margin of the telson perfectly

distinguish this subspecies. Moreover, in the Ebro Delta population, *H. lamornae mediterranea* was not found coexisting with *H. margalefi*, a situation that may be common in underwater cave habitats (Ledoyer, 1989). This latter species is distinguishable from *H. lamornae mediterranea* by the shape and armature of the antennal scale, maxilla and telson.

Such morphological differences between populations may result from phenotypic plasticity in response to varying environmental conditions (e.g. temperature, salinity, food availability, flow regime, predator/prey interactions, etc.) within different geographical areas (Scheiner & Callahan, 1993). Intraspecific geographical variations have been observed in other mysids species, such as variation in the number of spines on the lateral margins of the telson

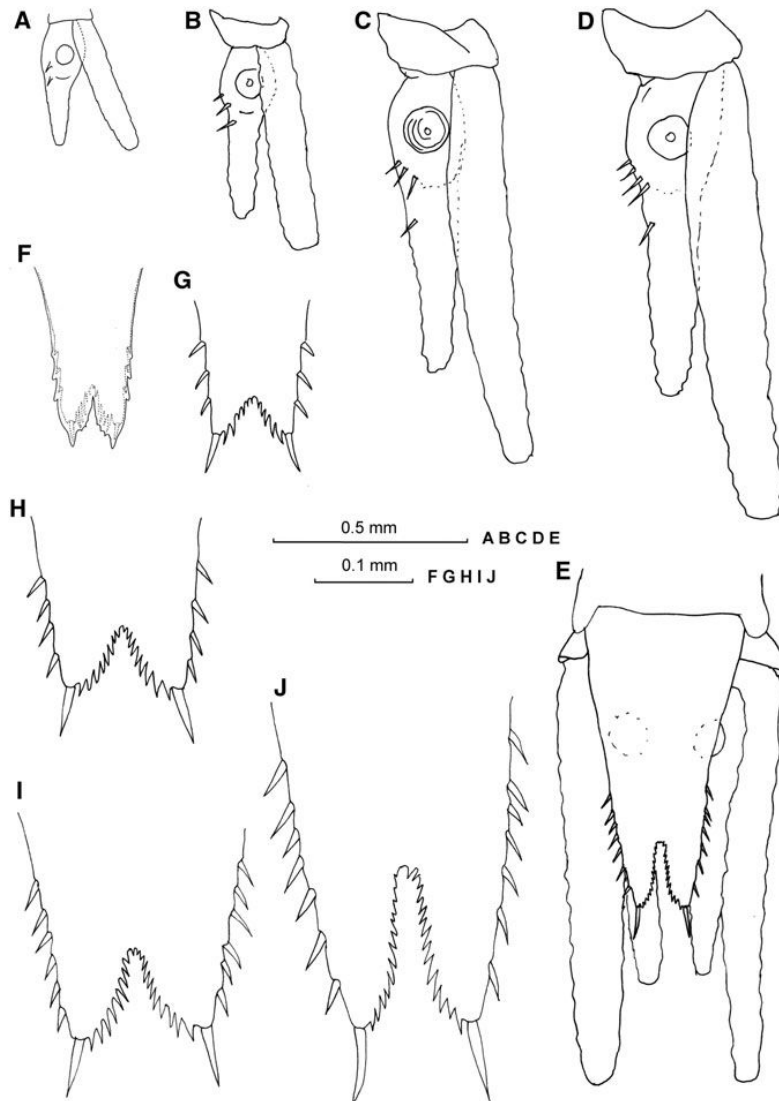


Fig. 5. *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Ebro Delta. (A–B) Ventral view of uropod of two juveniles of different size; (C–D) ventral view of uropod of male and female, respectively; (E) dorsal view of telson and uropods of mature male; (F) distal end of telson of postnauploid; (G–H) distal end of telson of two juveniles of different size; (I–J) distal end of telson of immature and mature male, respectively. (A, G) Juvenile, TL = 2.0 mm; (B, H) juvenile, TL = 3.2 mm; (C, E, J) mature male, TL = 5.8 mm; (D) brooding female, TL = 6.1 mm; I, immature male, TL = 4.4 mm; (F) postnauploid premoult intramarsupial stage.

between populations of both *Praunus flexuosus* and *P. neglectus* (Mauchline, 1971), geographical differences in the proportions of the antennal scale of *Neomysis americana* (Williams *et al.*, 1974) or in the eye and telson morphology of *N. integer* and *Mesopodopsis slabberi* (Remerie *et al.*, 2005).

The ontogenetic morphological differences observed in *H. lamornae mediterranea* means to take care in the assignment of individuals to this subspecies, especially if adults are not available for examination. Following Wittmann (1992), without detailed species descriptions based on a diversity of characters, the morphological and typological species concepts may be erroneous.

To date, 10 mysid species (including *H. lamornae mediterranea*) are known from the estuarine and coastal zones of the

Ebro Delta: *Siriella clausi*, *Gastrosaccus mediterraneus*, *G. roscoffensis*, *G. sanctus*, *Leptomysis lingvura*, *L. mediterranea*, *Diamysis lagunaris*, *Mesopodopsis slabberi* and *Schistomysis assimilis* (Suau & Vives, 1957; Chinchilla & Comín, 1977; San Vicente & Munilla, 2000), a value probably underestimated in this area characterized by highly structuring environmental gradients and diversity of habitats.

Although it is difficult to draw a border between coastal and deep species, in well-known Mediterranean areas such as the Gulfs of Marseille and Naples, the reported number of species is much higher (Macquart-Moulin, 1965; Wittmann, 2001). Therefore, much remains to be studied to better understand the mysid biodiversity of one of the largest delta of the Mediterranean and European coasts.

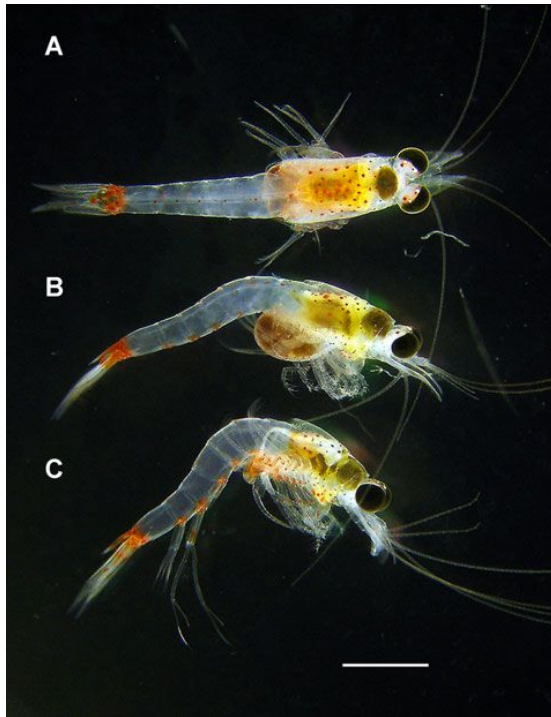


Fig. 6. *Hemimysis lamornae mediterranea* from the Ebro Delta. (A) Brooding female, dorsal view; (B) brooding female, lateral view; (C) male, lateral view. Scale bar: 2 mm.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Science and Research to G.G. (post-doctoral fellowship; INIA).

REFERENCES

- Bacescu M.** (1936) *Hemimysis lamornae*, subsp., *reducta* nov. subsp. et *Hemimysis anomala*, dans les eaux Roumaines de la Mer Noire (avec une étude comparative des formes de *Hem. lamornae* des autres mers: *H.l. typica* et *H.l. mediterranea* nov. sbsp.). *Annales Scientifiques de l'Université de Jassy* 19, 331–338.
- Bacescu M.** (1941) Les mysidacés des eaux Méditerranéennes de la France (spécialement de Banyuls) et des eaux de Monaco. *Bulletin de l'Institut Océanographique* 795, 1–46.
- Bacescu M.** (1954) Mysidacea. In *Fauna Republicii Populare Romine, Crustacea*, IV (3). Academia Republicii Populare Romine, Bucuresti, pp. 1–126.
- Cannon H.G. and Manton S.M.** (1927) On the feeding mechanism of a mysid crustacean: *Hemimysis lamornae*. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 55, 219–253.
- Carola M., Coma R., Riera T. and Zabala M.** (1993) Fecal pellets collection as a method for assessing egesta of the marine cave-dwelling mysid *Hemimysis spelunca*. *Scientia Marina* 57, 51–63.
- Chinchilla M. and Comín F.A.** (1977) Contribució al coneixement dels crustacis del delta de l'Ebre. *Treballs de l'Institut Català d'Història Natural* 8, 119–144.
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Kaschner K. and Ben Rais Lasram F.** (2010) The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE* 5, e11842. doi:10.1371/journal.pone.0011842.
- Colosi G.** (1929) I Misidacei del Golfo di Napoli. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 9, 405–441.
- Couch R.Q.** (1856) On Crustacea new to the British fauna. *Zoologist: a Monthly Journal of Natural History, Series 1* 14, 281–5288.
- Czerniavsky V.** (1882) *Monographia Mysidarum inprimis Imperii Rossici*. Fasc. 1,2. Trudy Sankt-Peterburgskago Obshchestwo Estestwoispytatelei, 12, 1–170, 13, 1–85.
- Foxon G.E.H.** (1940) The reactions of certain mysids to stimulation by light and gravity. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 24, 89–97
- Haworth A.H.** (1825) XVII. A new binary arrangement of the brachyurous Crustacea. *Philosophical Magazine Series 1* 65, 105–106.
- Ketelaars H.A.M., Lambregts-van de Clundert F.E., Carpentier C.J., Wagenvoort A.J. and Hoogenboezem W.** (1999) Ecological effects of the mass occurrence of the Ponto-Caspian invader, *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea: Mysidacea), in a freshwater storage reservoir in the Netherlands, with notes on its autecology and new records. *Hydrobiologia* 394, 233–248
- Ledoyer M.** (1989) Les Mysidacés (Crustacea) des grottes sous-marines obscures de Méditerranée nord-occidentale et du proche Atlantique (Portugal et Madère). *Marine Nature* 2, 39–62.
- Lejeune C. and Chevaldonné P.** (2006). Brooding crustaceans in a highly fragmented habitat: the genetic structure of Mediterranean marine cave-dwelling mysid populations. *Molecular Ecology* 15, 4123–4140
- Macquart-Moulin C.** (1965) Les Mysidacés benthoplanctoniques du Golfe de Marseille. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume. Faculté des Sciences de Marseille* 38, 129–253.
- Manton S.M.** (1928) On the embryology of a mysid crustacean, *Hemimysis lamornae*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 216, 363–463.
- Mauchline J.** (1971) The biology of *Praunus flexuosus* and *P. neglectus* (Crustacea, Mysidacea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 51, 641–652.
- Minchin D. and Boelens R.** (2010) *Hemimysis anomala* is established in the Shannon River Basin District in Ireland. *Aquatic Invasions* 5, Supplement1, S71–S78.
- Norman A.M.** (1860) On an undescribed crustacean of the genus *Mysis*. *Annals and Magazine of Natural History, Series 3* 6, 429–431.
- Norman A.M.** (1892) On British Mysidae, a family of Crustacea Schizopoda. *Annals and Magazine of Natural History, Series 6* 10, 242–263.
- Remerie T., Bourgois T. and Vanreusel A.** (2005) Morphological differentiation between geographically separated populations of *Neomysis integer* and *Mesopodopsis slabberi* (Crustacea, Mysida). *Hidrobiologia* 549, 239–250.
- San Vicente C. and Munilla T.** (2000) Misidáceos suprabentónicos de las playas catalanas (Mediterráneo nordoccidental). *Orsis* 15, 45–55.
- Sars G.O.** (1879) Carcinologiske Bidrag til Norges fauna. I. *Monographi over de ved Norges Kyster forekommende Mysider. Pt. 3. Christiania, A.W. Brogger*, 1–131.
- Scheiner S.M. and Callahan H.S.** (1993) Measuring natural selection on phenotypic plasticity. *Evolution* 53, 1704–1713.
- Suau P. and Vives F.** (1957) Sobre la presencia de *Gastrosaccus sanctus* (Van Beneden) en la desembocadura del rio Ebro. *Investigación Pesquera VIII*, 121–126.

- Tattersall W.M.** (1951) A review of the Mysidacea of the United States National Museum. *Bulletin of the United States National Museum* 201, 1–292.
- Tattersall W.M. and Tattersall O.S.** (1951) *The British Mysidacea*. London: The Ray Society, 460 pp.
- Williams A.B., Bowman T.E. and Damkaeri D.M.** (1974). Distribution, variation, and supplemental description of the opossum shrimp, *Neomysis americana* (Crustacea: Mysidacea). *Fishery Bulletin* 72, 835–842.
- Wittmann K.J.** (1992) Cyclomorphosis in the temperate zone Mysidacea: evidence and possible adaptive taxonomical significance. In Köhn J., Jones M.B. and Moffat A. (eds) *Taxonomy, biology and ecology of (Baltic) mysids (Mysidacea: Crustacea)*. *International Expert Conference, September 1991, Hiddensee, Germany*. Rostock University, pp. 25–32.
- Wittmann K.J.** (2001) Centennial changes in the near-shore mysid fauna of the Gulf of Naples (Mediterranean Sea), with description of *Heteromysis riedli* sp. nov. (Crustacea, Mysidacea). *Marine Ecology* 22, 85–110.
- Wittmann K.J. and Ariani A.P.** (2009) Reappraisal and range extension of non-indigenous Mysidae (Crustacea, Mysida) in continental and coastal waters of eastern France. *Biological Invasions* 11, 401–407.
- and
- Zimmer C.** (1909) Die nordischen Schizopoden. Pages. In Brandt K. and Apstein C. (eds) *Nordisches Plankton, Zoologischer Teil, Dritter Band: Crustacea*. Kiel and Leipzig: Lipsius und Tischer, pp. 1–178.
- Correspondence should be addressed to:**
 G. Guerao
 IRTA, Unitat Operativa de Cultius Experimentals
 43540-Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, Spain
 email: guillermo.guerao@irta.cat

3.6. Population structure and life history of *Hemimysis lamornae mediterranea* (Malacostraca: Mysida) in the Ebro delta (NW Mediterranean).

L. Delgado, G. Guerao, C. San Vicente , C. Ribera.

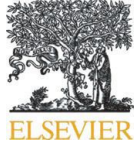
Estructura de la població i cicle vital d' *Hemimysis lamornae mediterranea* (Malacostraca: Mysida) en el Delta de l'Ebre (NW de la Mediterrània)

Hemimysis lamornae mediterranea Bacescu, 1936 s'ha descrit recentment al Delta de l'Ebre (NW Mediterrani). Hi ha poques publicacions sobre la biologia i ecologia d'aquest Mysida i pretenem proporcionar una primera aproximació sobre la biologia d'aquesta població.

Els individus van ser recollits en el port de Sant Carles de la Ràpita entre juny de 2010 i març de 2012 a la nit. La població d'*H.l.mediterranea* consta principalment de dues categories de mida: individus d'hivern / primavera més grans i individus de primavera / estiu, de mida més petita. La sex-ràtio en general és molt desigual; les femelles madures són 2,5 vegades més abundants que els mascles madurs. L'activitat reproductora és contínua durant tot l'any però és més intensa al final de l'hivern i a la primavera.

El desenvolupament intramarsupial i el creixement dels juvenils s'ha estudiat al laboratori. La mitjana de la durada del període d'incubació (etapes intramarsupials) en condicions de laboratori va ser de 11 dies (20 ° C) i la maduresa sexual s'assoleix entre 14 i 20 dies. La taxa de creixement és més ràpida en els juvenils i declina amb l'edat, mostrant un màxim de 0,152 mm per dia. Els resultats de laboratori i les dades demogràfiques suggereixen que *H. l. mediterranea* produeix diverses generacions per any al delta de l'Ebre.

H. l. mediterranea es caracteritza per la combinació dels següents caràcters: la maduració ràpida dels individus (període juvenil curt), el ràpid creixement, l'arribada a la fase adulta amb una mida petita, una reproducció contínua durant tot l'any, femelles iteròpares, una relativament alta fecunditat i un elevat nombre de generacions per any.



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Sea Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/seares

Population structure and life history of *Hemimysis lamornae mediterranea* (Malacostraca: Mysida) in the Ebro Delta (NW Mediterranean)

L. Delgado^a, G. Guerao^{b,*}, C. San Vicente^c, C. Ribera^a^a Institut de Recerca de la Biodiversitat, Departament de Biologia Animal, Universitat de Barcelona, Avinguda Diagonal 643, 08028 Barcelona, Spain^b IRTA, Aqüicultura, Cultius Aquàtics, 43540 Sant Carles de la Ràpita, Tarragona, Spain^c c/Nou 8, 43839 Creixell, Tarragona, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 December 2012

Received in revised form 27 March 2013

Accepted 27 March 2013

Available online 18 April 2013

Keywords:

Mysida

Hemimysis lamornae mediterranea

NW Mediterranean

Growth

Reproduction

Ecological Strategy

ABSTRACT

Hemimysis lamornae mediterranea Bacescu, 1936 has been recently reported in the Ebro Delta (Spain, NW Mediterranean). Little is known about the biology and ecology of this mysid and we provide the first information about its population biology. *H. l. mediterranea* were collected from Sant Carles de la Ràpita harbor from June 2010 to March 2012 at night. The *H. l. mediterranea* population was composed of two main individual size categories: larger-sized winter/spring individuals and smaller-sized spring/summer individuals. The overall sex ratio is highly skewed; mature females are 2.5 times more abundant than mature males. Reproductive activity was higher during late winter and spring but was almost continuous throughout the year. The intra-marsupial development and growth of juveniles has been studied in the laboratory. The mean duration of incubation period (intra-marsupial stages) in laboratory conditions was 11 days (20 °C) and the age at first maturity ranged from 14 to 20 days. The growth rate was faster in early juveniles and declined with age, showing a maximum of 0.152 mm d⁻¹. The laboratory results and demographic data suggest that *H. l. mediterranea* will produce several generations per year in the Ebro Delta. *H. l. mediterranea* was characterized by a combination of early maturation of individuals (short juvenile period), rapid growth, small adult size, a continuous reproduction all year round, iteroparous females, a relatively high fecundity and a high number of generations per year.

© 2013 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Mysids are common crustaceans in shallow coastal and estuarine waters, where they occupy an important position between lower and higher trophic levels (Fulton, 1982; Marty, 2008; Mauchline, 1980). It is well established that mysids are the main food source for juveniles of various fish species in coastal and estuarine nursery grounds (Baldó and Drake, 2002; Delgado et al., 1997; Fanelli et al., 2009; Sinopoli et al., 2012; Sudo, 2003). Additionally, the impact of invasive mysid species in plankton communities can be remarkable (Marty, 2008; Wittmann, 2005). Hence, new descriptions of mysid species as well as data on their geographical distributions and autecological aspects are particularly desirable.

The genus *Hemimysis* constitutes a group of small-sized, usually red-colored mysids that are widely distributed throughout the north-eastern Atlantic Ocean, the Mediterranean Sea, the Black Sea and the Caspian Sea (Bacescu, 1954; Ledoyer, 1989; Tattersall and Tattersall, 1951). Nine *Hemimysis* species are currently known (Mees and Meland, 2012): *H. abyssicola* Sars, 1869; *H. anomala* Sars, 1907; *H. margalefi* Alcaraz et al., 1986; *H. speluncola* Ledoyer, 1963;

H. lamornae (Couch, 1856); *H. maderensis* Ledoyer, 1989; *H. serrata* Bacescu, 1938; *H. sophiae* Ledoyer, 1989 and *H. spinifera* Ledoyer, 1989. *H. lamornae*, *H. margalefi*, *H. speluncola*, *H. anomala* and *H. abyssicola* have been recorded in the Mediterranean, particularly *H. lamornae*, *H. margalefi* and *H. speluncola* are the most commonly found species of cave-dwelling mysids of the northwestern Mediterranean (Rastorgueff et al., 2011; Wittmann, 2004; Wittmann and Ariani, 2009, 2010). *Hemimysis lamornae* has a wide distribution from sub-Arctic Icelandic waters to the North Sea and western Baltic waters, extending to the Mediterranean and the Black Sea. Bacescu (1936) distinguished three subspecies of *H. lamornae*, according to the size-range of individuals, number of thoracopod articles, armature of the uropod and telson: *H. l. lamornae* (Couch, 1856), from the European Atlantic coast; *H. l. mediterranea* Bacescu, 1936, from the Mediterranean Sea; and *H. l. pontica* Czerniavsky, 1882, from the Black Sea.

Hemimysis lamornae mediterranea is known from Naples, Marseille, Menorca (Balearic Islands) and the Ebro Delta (Bacescu, 1936, 1941; Colosi, 1929; Czerniavsky, 1882; Ledoyer, 1989; Lo Bianco, 1909; Norman, 1892; Rastorgueff et al., 2011; San Vicente et al., 2011; Wittmann, 1985, 2001, 2004). *H. l. mediterranea* is a slightly euryhaline species that inhabits shallow waters between and on rocks, among algae or among *Zostera* sp. (Bacescu, 1936, 1941). It appears

* Corresponding author. Tel.: +34 977745427; fax: +34 977744138.
E-mail address: guillermo.guerao@irta.cat (G. Guerao).

above the bottom during the night and also in the nocturnal surface plankton (Wittmann, 2001). During the day, this specie is abundant in some submarine caves, where it has a tendency to be found at the highest abundance in moderately lit areas, being replaced in the darkest areas by *H. margalefi* and *H. speluncola* (Ledoyer, 1989). *H. l. mediterranea* is the 10th species of mysid to be reported so far from the Ebro Delta system (Chinchilla and Comín, 1977; Delgado et al., 1997; Forés et al., 1986; Munilla and San Vicente, 2005; San Vicente and Munilla, 2000; San Vicente et al., 2011; Suau and Vives, 1957).

The Ebro Delta, the third largest delta in the Mediterranean Sea, is a site of high economic and environmental impact. It is an estuarine environment influenced by rice growing; agricultural practice regulates the hydrological cycles of the system and plays a important role in its biological dynamics, inducing periods of desalinization and salinization (Valdemoro et al., 2007). The Alfacs Bay is a semi-enclosed estuary placed at the South of the Ebro Delta. Alfacs Bay is not only of scientific interest from the ecological points of view, but is also very important for the economy of the region due to its fish and shellfish aquaculture (Camp and Delgado, 1987; Solé et al., 2009).

The ecology of *Hemimysis* species is reasonably well known regarding their population biology, their distribution and life histories. Gaudy and Guérin (1979), Macquart-Moulin and Patrili (1966), and Ribes et al. (1996) have reported information concerning the biology of *H. speluncola*. Some aspects of the autecology of *H. margalefi* have recently been studied by Lejeusne and Chevaldonné (2005). *H. anomala* is probably the species that has attracted the most interest because of its potential to be invasive (Marty, 2008).

In temperate and warm waters, the life cycle of mysids consists of overlapping cohorts resulting from successive broods produced by individual females within various generations, and often making it impossible to distinguish cohorts of wild mysid populations (Mauchline, 1980). Experimental studies conducted in the laboratory are therefore necessary for estimating the rates of growth and reproduction of mysids in the field. Previous laboratory studies addressing growth and reproduction of mysid species have concluded that the water temperature is the most important extrinsic factor affecting their growth rate (Sudo, 2003; Toda et al., 1984).

The objective of the present study was to provide information on the life cycle and reproductive biology of *H. l. mediterranea* at the Ebro Delta based on field and laboratory observations. The information obtained on the autecology of this species will be useful for discussing its ecological strategy in the Ebro Delta ecosystem.

2. Materials and methods

2.1. Study site and sampling

Mysids were collected using a hand-held net with a mesh size of 250 µm and a mouth aperture with a diameter of 15 cm on a breakwater in Sant Carles de la Ràpita harbor (Alfacs bay, Ebro Delta, 40°36'50.09" N; 0°35'56.29"E) on the western Mediterranean coast (Spain) from a depth of 0.3–0.5 m. Salinity and temperature were measured at the start of sampling in situ, with a calibrated portable conductivity meter to a depth of 0.3 m. Samples were collected on a monthly basis between June 2010 and March 2012. Based on previous observations (San Vicente et al., 2011), the population of *H. l. mediterranea* from San Carles de la Ràpita harbor appears after de sunset in the superficial waters of the breakwater; during the day probably lives in deeper waters of the breakwater, since there are not other natural or artificial shelters nearby. The sampling was always performed at night, after the sunset (20:00–23:00 h, according to the season), and the specimens were preserved in 70% ethanol. Previously, swarms of mysids were located among the rocks with the aid of artificial light. Data for semi-quantitative comparisons were treated as the catch per-unit-effort (CPUE), defined

as the number of individuals of a single swarm collected in 15 min. The same effort was applied during each sampling session (Delgado et al., 2009).

2.2. Demographic and size structure

The collected individuals were identified to the specific level, counted, and ascribed to one of the following six demographic categories on the basis of their sexual and reproductive characteristics (Mauchline, 1980): (1) juveniles, with secondary sexual characteristics absent; (2) immature males, with developing secondary sexual characteristics; (3) mature males, with completely developed secondary sexual characteristics; (4) immature females, in which a rudimentary marsupium was present; (5) mature females, with completely developed secondary sexual characteristics and an empty marsupium; and (6) brooding (incubating) females, corresponding to mature females with eggs or larvae in the marsupium. Measurements were taken with a Nikon SMZ800 stereomicroscope equipped with an image analyzing system (AnalySIS, SIS, Münster, Germany). Images collected with the digital camera were directly loaded into the computer. All photographs were digitally processed using Adobe PhotoShop 7.0. Total length (TL) was measured from the tip of the rostrum to the posterior end of the telson, excluding spines. Carapace length (CL) was measured from the tip of the rostrum to the posterior dorsal margin of the carapace. The TL and CL were measured in 262 individuals and the relationship between TL and CL was examined via regression analysis using the following allometric equation: $TL = aCL^b$. TL is difficult to measure, especially in individuals preserved in ethanol; however, CL is an appropriate measure to estimate the size of these mysids. As a result of *rigor mortis* aspect of individuals, in which the abdomen is often curved, CL is easier and more accurate to measure in large collections. Therefore, only the CL was measured in the remaining sampled mysids, while TL was estimated from the calculated regression equation.

2.3. Marsupial content

The embryos or larvae in each brooding female were counted, measured, and classified according to the following stages of development described by Wittmann (1981): embryonic stage (eggs), nauplioid stage (hatched larva with antennules, antennae and mandibles) and post-nauplioid stage (thoracic appendages fully development and distinct stalked eyes) (Fig. 5). The relationship between the brood size (Nw) and incubating female size was examined using the following allometric equation: $Nw = aCL^b$. The eggs (embryos) of this species are approximately ellipsoid in shape, so the egg volume was estimated using the equation for ellipsoid volume: $V = 4 / 3\pi(R_{max})(R_{min})^2$, where R_{max} and R_{min} are the maximum and minimum egg radii, respectively (Subida et al., 2005).

2.4. Laboratory growth and marsupial development

To study the growth of *H. l. mediterranea* under controlled conditions, a total of 60 juveniles with a mean size of 2.5 mm TL were collected in October 2011 and were placed in an aquarium (60 L) connected to a sea water recirculation unit (34–35 psu and 20 ± 1 °C) under a natural photoperiod of ca 12-h light:12-h dark. The Branchiopoda *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 nauplii and the Chlorophyceae *Tetraselmis chunii* Butcher were provided as food. A sample of 5 mysids was examined and measured (TL) every week (7 days) for 21 days. The von Bertalanffy mathematical model was used to describe the growth (Sparre and Venema, 1998): $L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$, where $L(t)$ is the predicted length (TL in mm) at age t (weeks), L_{∞} is the asymptotic length, K is a growth constant and t_0 is the (theoretical) age at a length zero.

Females with well-developed ovaries were collected in November 2011 and placed with adult males in 40 L aquarium with filtered

seawater to allow fertilization. A 12-h light:12-h dark photoperiod was adopted, and the water temperature was maintained at 20 ± 1 °C. *A. franciscana* and *T. chuii* were provided as food. Ten brooding females were placed in individual 500 mL glass beakers maintaining the same conditions. To determine the intra-marsupial stage of development (embryo, nauplioid or postnauplioid, Wittmann, 1981), each female was placed on a glass slide and was examined in lateral view for <1 min to minimize the effects of hypoxia and handling stress. The females were examined every 1–2 days depending on the developmental stage of intra-marsupial embryos and larvae.

2.5. Statistical analyses

The significance of the correlation was tested with a *t*-test ($H_0: \rho = 0, H_1: \rho \neq 0$). The relative growth was determined using the allometric equation: $y = ax^b$, using the logarithmic equations: $\log y = \log a + b \log x$, tests for departures from isometry were performed on the slope values obtained using Student's *t*-test. The hypothesis that both the slope parameters and the intercept parameters agree for the two regression equations was evaluated using the F-test of regression coincidence (Cuadras, 1991). The correlation between the seasonal mean size and the seasonal temperature was evaluated using the Spearman's rank correlation coefficient (ρ). Differences between number of males: number of females (sex ratio) were evaluated using the chi-squared test (χ^2). All statistical analyses were made using SigmaStat 3 (Systat Software Inc., USA) software package.

3. Results

The abiotic characterization of Alfacs Bay is described in earlier studies (Solé et al., 2009). In addition, the temperature at the sampled site increased from February (10.5–12 °C) to the annual peak in August (26.3 °C) (Fig. 1A). The salinity in the area is relatively constant throughout the year (ranging from 34 to 37 psu). Among the 5703

individuals examined in this study, *H. l. mediterranea* was the most abundant mysid species, accounting for 4374 individuals. A total of 1329 individuals of *Siriella jaltensis* Czerniavsky, 1868 were also collected in the same samples. *H. l. mediterranea* was found in all sampled months, except in July and August 2011 and July 2012. The monthly abundance fluctuated throughout the sampling period, with the highest values occurring in spring and the lowest in summer (Fig. 1A).

An allometric relationship between the logarithm of carapace length (logCL) and the logarithm of total length (logTL) was established from individual measurements: $\log TL = 0.947 \log CL + 0.516$ ($n = 262, R = 0.968$). In this equation, the regression coefficient was significantly lower than 1 ($t = 3.44; P < 0.001$), so there is no isometry between the two dimensions (Fig. 1B). Although slightly negative allometric growth was observed, the CL is considered to be a more accurate measurement than the TL.

3.1. Demographic structure of the population

The main demographic data on the analyzed *H. l. mediterranea* population are shown in Figs. 2–3. The percentages of the different demographic categories in the population varied markedly (Fig. 2). Females presented larger mean sizes than males (Fig. 3A). These sexual differences were statistically significant when total mean size of mature males and total mean size of brooding females were compared ($t = -3.34; p < 0.002$). The sex ratio (number of males: number of females), calculated from the complete dataset was 0.4, which was significantly different from 1 ($\chi^2 = 811, P < 0.05$). The monthly sex ratio fluctuated during the sampling period (from 0.1 to 2.0), and females were more abundant than males in most of the samples (Fig. 3B).

The mean sizes among the different demographic categories showed marked seasonal variations (Figs. 2 and 3A), with two main size categories being observed, corresponding winter/early spring individuals and later spring/summer individuals, which showed the largest and the smallest sizes, respectively. The females are iteroparous, and the majority of mature females carry embryos or larvae throughout the yearly cycle. The brooding females observed during the winter and early spring were larger (4.8–6.5 mm mean TL) than those collected in later spring and summer (4.2–4.6 mm mean TL) (Fig. 3A). The mean size of seasonal brooding females presented a significant correlation with the seasonal temperature variations (Spearman's rank correlation coefficient, $R_s = -0.745, P = 0.05$). Brooding females were observed throughout the year, except in August and December 2010 and July 2011 (Figs. 2 and 3C, Table 1), and showed a peak in their percentage of abundance in spring (54.9% in March 2011, 40% April 2011 and 38.5% in March 2012). During January–February, the overwintering generation matured and then released juveniles in March–April, forming the spring generation. The larger mature females (and mature males) observed in winter disappear from the sampled zone in April–May (Fig. 2). Several cohorts were present simultaneously during the late spring–autumn.

Mature males were found in all of the samples, except in August 2010 and July 2011 (Figs. 2 and 3A). The percentage of mature males reached a maximum in September 2011 (30%). The mature males from the winter/spring generation (4.8–5.4 mm mean TL) were larger than those from the spring/summer generation (3.6–4.3 mm mean TL) (Fig. 3A). The seasonal mean size of mature males presented a significant correlation with the seasonal temperature variations (Spearman's rank correlation coefficient, $R_s = -0.720, P = 0.05$).

Juveniles were found in all samples except in March and August 2010 (Figs. 2 and 3C). The percentage of juveniles increased during the early autumn and reached a maximum in the final autumn and winter (63.27% and 59.12% in January and November 2011, respectively). The minimum mean size (CL) of juveniles was 0.7 mm

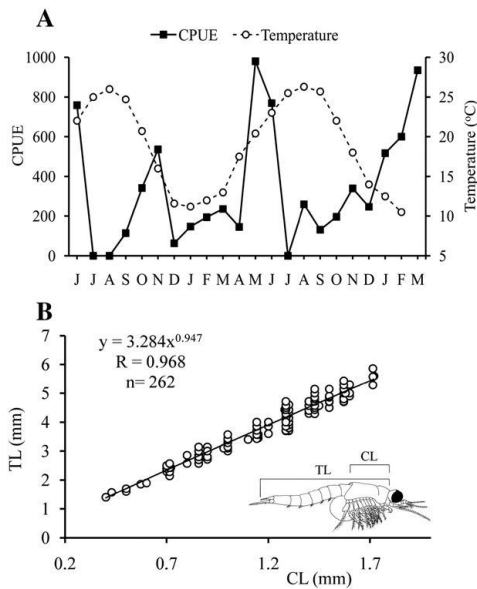


Fig. 1. A, monthly variations of the temperature and relative abundance (CPUE) of *Hemimysis lamornae mediterranea* in Sant Carles de la Ràpita harbor (Alfacs Bay, Ebro Delta). B, allometric relationship between carapace length (CL) and total length (TL).

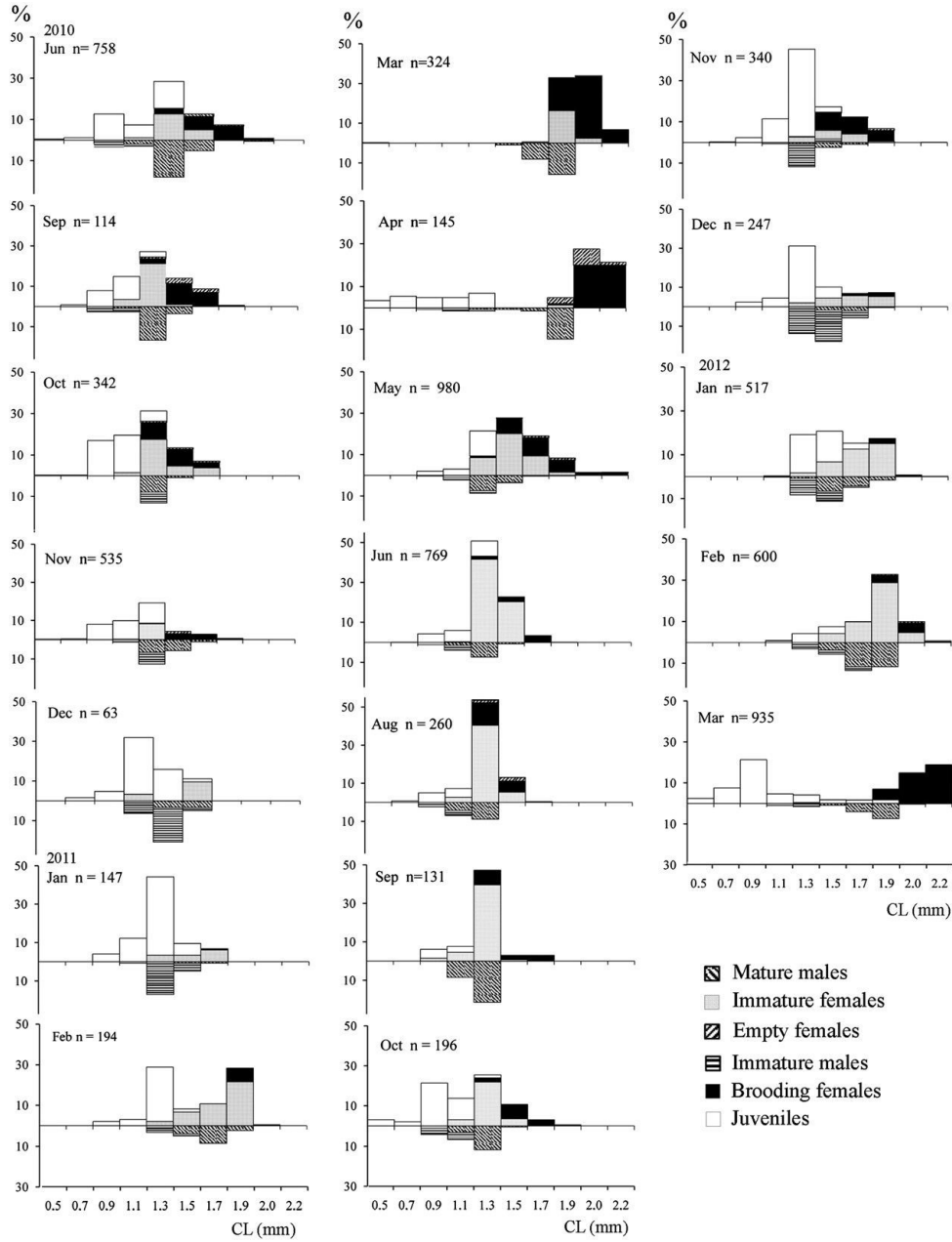


Fig. 2. *Hemimysis lamornae mediterranea*. Size frequency distributions of the six demographic categories from June 2010 to March 2012 (n, number of individuals measured).

(2.3 mm TL, observed in March 2011). The maximum mean size of juveniles was observed in winter (4.3 mm TL, measured in January 2012).

Immature males were found in all samples except in July and August 2010 and March 2011 (Fig. 2). The maximum size of the immature males was 1.57 mm CL (5 mm TL, observed in December,

January and February 2012), and the minimum size was 0.7 mm CL (2.3 mm TL, observed in October 2011). Immature females were observed in all samples except in July and August 2010 and July 2011 (Fig. 2). The minimum size of the immature females was 0.85 mm CL (2.8 mm TL, observed in September 2011).

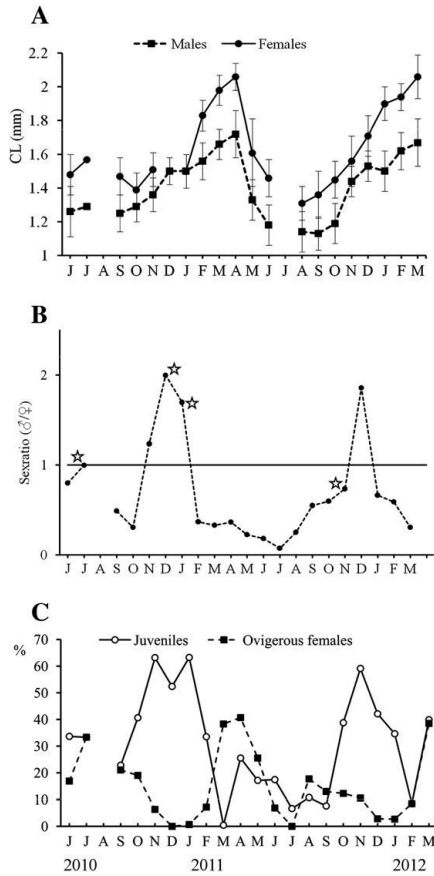


Fig. 3. *Hemimysis lamornae mediterranea*. A, monthly variation in the mean size (CL) of brooding (incubating) females and mature males. B, Temporal variations in the sex ratio (number of mature males: number of mature and incubating females). Stars indicate no significant differences from 1 (Chi-square test). Horizontal line corresponds to a balanced sex ratio. C, monthly variation in the percentage of brooding females and juveniles in samples.

3.2. Reproduction and marsupial stages

The minimum size at the onset of sexual maturity was 3.2 mm TL for males and 3.7 mm TL for females. There was a significant positive linear correlation found between the mean egg volume (EV) and the size of brooding females (Fig. 4A). The eggs (embryos) presented a mean diameter of 0.49 ± 0.10 mm (n = 1570) (Fig. 5A). The nauplioid larvae are characterized by an elongated general shape, being dorsally concave (Fig. 5B–D); their length ranged from 0.80 to 1.06 mm, with a mean of 0.90 ± 0.12 mm (n = 30). The postnauplioid stage resembles the juveniles (Fig. 5E and F), with the body length ranging from 1.0 to 1.3 mm and a mean length of 1.17 ± 0.16 mm (n = 20). The postnauplioid stage ends with liberation from the marsupium, and the second larval molt that leads to a free-living juvenile. The young mysids are morphologically similar to the adults and develop a lith in the vesicle of the statocyst, which is a feature that is absent in postnauplioid larvae. The mean body length of newly released juveniles was 1.65 ± 0.07 mm TL (n = 20).

There was a significant positive linear correlation between the logarithm of the number of embryos or larvae (N) present

Table 1
Hemimysis lamornae mediterranea. Number of brooding females (NBF), E, N, PN, percentage of brooding females with embryos, nauplioid and postnauplioid stages, respectively.

Month	NBF	% E	% N	% PN
2010				
Jun	128	56.25	38.28	5.47
Jul	1	100.00	0.00	0.00
Aug	0	-	-	-
Sep	26	38.46	53.85	7.69
Oct	61	44.26	45.90	9.84
Nov	33	60.61	30.30	9.09
Dec	0	-	-	-
2011				
Jan	1	0.00	0.00	100.00
Feb	14	78.57	7.14	21.43
Mar	174	38.51	52.30	9.20
Apr	59	38.98	59.32	3.39
May	250	33.60	67.60	3.60
Jun	53	71.70	26.42	1.89
Jul	0	-	-	-
Aug	46	19.57	67.39	13.04
Sep	17	47.06	52.94	0.00
Oct	24	62.50	25.00	12.50
Nov	76	52.63	44.74	2.63
Dec	7	28.57	71.43	0.00
2012				
Jan	14	71.43	28.57	0.00
Feb	51	41.18	54.90	3.92
Mar	360	44.17	53.61	2.22
Total	1395	44.15	50.75	5.08

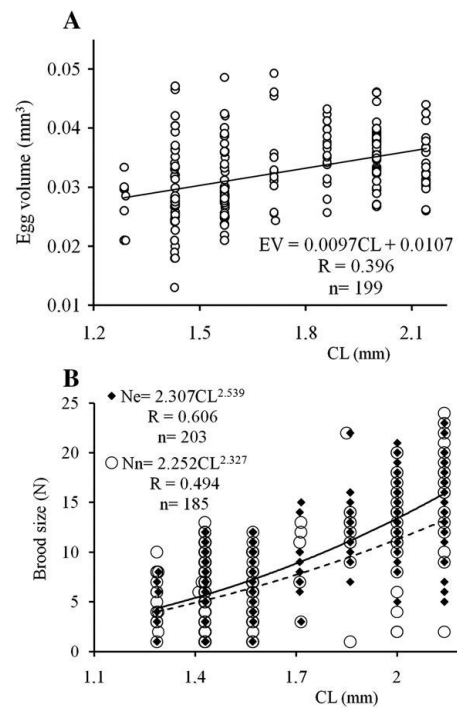


Fig. 4. *Hemimysis lamornae mediterranea*. A, relationship between brooding females size (CL) and mean volume of eggs. B, relationships between brooding females size (CL) and number of embryos (N_e) and number of larvae (N_n).

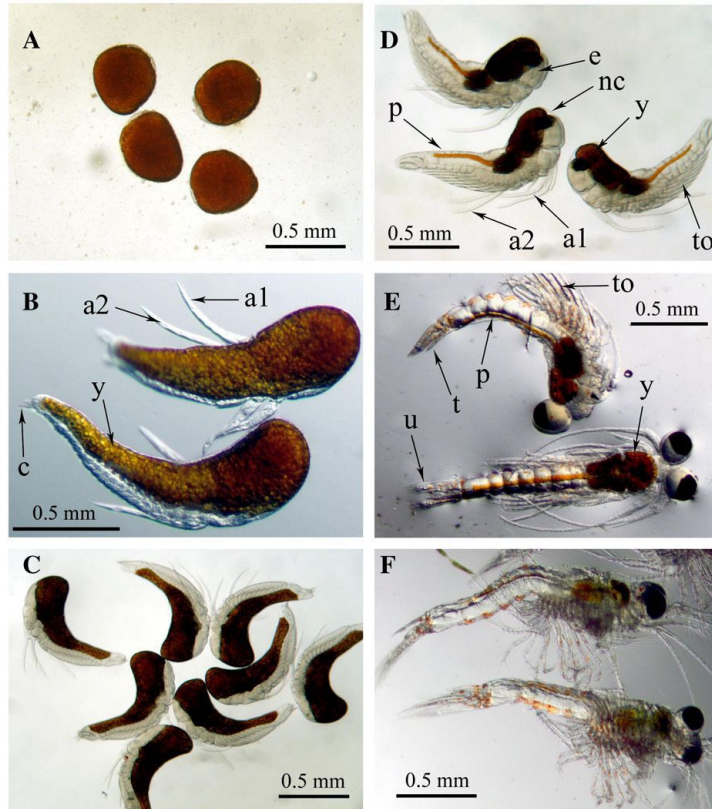


Fig. 5. *Hemimysis lamornae mediterranea*. Different developmental stages. A, embryos; B–D, successive stages of nauplioid development; E, post-nauplioids; F, first extra-marsupial stage (juvenile). Abbreviations: a1, antennule; a2, antenna; e, eye; c, cercopods; nc, nauplioid cuticle; p, pleon; t, telson; to, thoracopods; u, uropod; y, yolk mass.

in the marsupium and the logarithm of the size of brooding females (CL) (Fig. 4B). The brood size fluctuated between 1 and 23 individuals marsupium⁻¹, showing a mean value of 9.48 ± 5.09 (mode value = 8). When females with embryos were analyzed separately from females with larvae, approximately 18% intra-marsupial mortality could be observed (Fig. 4B). However, the correlation between the logarithm of brooding female CL and the logarithm of the number of embryos did not show any significant differences from the equation between the logarithm of female CL and the logarithm of the number of larvae (coincidence test, $F = 1.71$). According to the data presented in Table 1, the successive intra-marsupial stages showed different durations and could be ranked as follows: nauplioid > embryo > postnauplioid.

The mean duration of the incubation period (intra-marsupial stages) under laboratory conditions was 11 ± 1.7 days at 20 ± 1 °C. The mean durations of the embryonic, nauplioid and postnauplioid stages were 2.6 ± 0.6 , 5 ± 1 and 3.3 ± 0.6 days, respectively (Table 2).

Adoption of larvae by brooding females was detected only in two females (December 2011 and March 2012).

3.3. Growth in laboratory

The growth equation estimated for individuals of *H. l. mediterranea* reared under controlled conditions was as follows: TL (mm) = 5.7

Table 2

Comparison of relative duration of the marsupial stages of some mysids in laboratory cultures (L) or in field studies (F). References: ^{1,2,3}Johnston et al. (1997); ⁴Fockedeley et al. (2006); ⁵San Vicente and Sorbe (2003); ⁶San Vicente and Sorbe (1995); ⁷Wortham-Neal and Price (2002); ⁸Wittmann (1981); ⁹Delgado et al. (1997); ¹⁰Biju and Panampunnayil (2011); ¹¹Ramarn et al. (2012); ¹²Present results.

Specie	L/F	% of incubation period			Total days (T °C)
		E	N	P	
<i>Tenagomysis tasmaniae</i> ¹	L	36	56	8	14.8 (17)
	L	43	52	5	22.5 (13)
<i>Anisomysis mixta australis</i> ²	L	16	71	13	14.5 (17)
	L	18	67	15	22.2 (13)
<i>Paramesopodopsis rufa</i> ³	L	39	49	12	19.8 (17)
	L	32	53	15	27.5 (13)
<i>Neomysis integer</i> ⁴	L	31	45	23	11(20.2)
<i>Schistomysis assimilis</i> ⁵	F	33.3	56.9	9.8	
<i>Schistomysis spiritus</i> ⁶	F	31.4	50.0	18.6	
<i>Americamysis bahia</i> ⁷	F	29	55	16	
	L	24	54	21	10.4 (20)
<i>Leptomysis lingvura</i> ⁸	L	32.6	36.9	30.4	4.6 (29)
	L	30.9	44.3	24.8	19 (16)
<i>Mesopodopsis slabberi</i> ⁹	L	27	53	20	9 (22.5)
	F	45	42	13	
<i>Mesopodopsis orientalis</i> ¹⁰	F	47	27	26	
<i>Acanthomysis thailandica</i> ¹¹	F	40	44	10	
<i>Hemimysis lamornae mediterranea</i> ¹²	F	44.1	50.7	5.1	
	L	24.5	45.5	30	11 (20)

$(1 - e^{-0.53(t - 0.64)})$, where t is the time in weeks (Fig. 6). The initial size was considered 1.65 ± 0.07 mm TL (average size of newly released juveniles). The growth rate was faster in younger instars but declined with age, showing a maximum in <1.1 mm TL juveniles (0.152 mm d^{-1}) and a minimum in >1.3 mm TL individuals (0.064 mm d^{-1}). Males and females reached sexual maturity within 15–21 days at sizes ranging from 4.3 to 4.7 mm TL (Fig. 6).

4. Discussion

Vertical daily movements of *H. l. mediterranea* have been reported previously in the Gulf of Naples by Wittmann (2001). This species is considered a sciaphilic mysid, commonly found in various habitats not directly exposed to light including cave entrances (Rastorgueff et al., 2011). In the present study, we never captured this species during daylight hours and the number of individuals at the surface increases rapidly after sunset. It is also well established that *H. anomala* prefers the surface at twilight and night; the daily vertical migrations of this species depend on the light, and it prefers sheltered zones during daylight hours (Borcherding et al., 2006; Dumont, 2006). Our observations of *H. l. mediterranea* individuals in the laboratory agree with the behavior of *Hemimysis* species recorded in the field (Ledoyer, 1989; Rastorgueff et al., 2011; Riera et al., 1991; Wittmann, 2001). These species are sciaphilic and light is the initiating factor of the nycthemeral migration. *H. l. mediterranea* practically disappeared from the sampling station during July–August, followed by a subsequent increase in the number of individuals in autumn. Probably, the mysids not rise to the surface due to high summer temperatures, since all samples were collected under the same conditions of absence of daylight. Moreover, the abrupt disappearance of diverse *Hemimysis* populations may be a common occurrence probably caused by migration to other biotopes and/or mass death (Ledoyer, 1989).

Changes in the sex ratio may be the result of migration, differences in the minimum size at which secondary sexual characteristics appear (Mauchline, 1980), different life duration or different rates of mortality among males and females (Hakala, 1978). However, the possibility is not excluded that the sampled sex-ratio may be similar to the population sex-ratio, which would affect the reproductive potential of the species. *H. margalefi* have already been reported to present fluctuations in sex ratio without any obvious reasons to explain them (Lejeusne and Chevaldonné, 2005); however, the annual sex ratio does not differ significantly from a balanced sex ratio. Vertical migration could be the cause of the dominance of females of the *H. l. mediterranea* at the surface (2.5:1). The sex-ratio (males:females) is maximal in winter and minimal in summer. Females are most probably spatially (vertically) segregated according to temperature.

In mysid species, temperature has been shown to influence growth and size (Fockedey et al., 2005; Mauchline, 1980; Toda et

al., 1984; Yamada et al., 2007). In temperate areas, with seasonal variation of temperature, the highest water temperature in summer/early autumn coincides with the smallest mean sizes of mysids and the lowest temperature in winter coincide with the largest mean size. In the present study, a negative relationship also appeared to exist between the mean size of *H. l. mediterranea* individuals and the water temperature. Similar results were previously obtained in *H. speluncola* and *H. margalefi* populations (Gaudy and Guérin, 1979; Lejeusne and Chevaldonné, 2005). In *Neomysis integer*, under laboratory conditions, temperature was negatively correlated with the asymptotic length and positively correlated with the growth constant K (Fockedey et al., 2005).

Similar to what is observed regarding growth, the main environmental factor influencing the reproductive cycle of mysidaceans is the water temperature (Sudo, 2003; Winkler and Greve, 2002). There is a tendency towards an extended reproductive season associated with decreasing latitudes in shallow water mysid species (Mauchline, 1980). In some areas of the Mediterranean Sea, several mysid species are known to stop breeding during winter due to the strong seasonal variation of water temperature (Wittmann, 1984). However, *Hemimysis margalefi*, *H. speluncola* and *H. l. mediterranea* breed throughout the year (Chevaldonné and Lejeusne, 2003; Lejeusne and Chevaldonné, 2005). The number of eggs produced per female increases with female size in *H. l. mediterranea*, as in many other mysids (Mauchline, 1980). Consequently, brood size presents seasonal variations that correspond to the seasonal female size variations. Comparison of the equations describing fecundity in several mysid species indicates that *H. l. mediterranea* is a relatively high fecundity species that matures at a small size (Fig. 7).

H. l. mediterranea followed the same three marsupial phases or stages (embryonic, nauplioid, and postnauplioid), described by Wittmann (1981) (Fig. 5). The mean percentage of females carrying different stages of offspring (embryo, nauplioid, postnauplioid) should reflect the duration of each stage of development (Mauchline, 1973; Wortham-Neal and Price, 2002). In general, the postnauplioid stage is the shortest stage, followed by the embryonic stage. The relative duration of the *H. l. mediterranea* marsupial stages is similar to other mysid species (Table 2); however, the laboratory data indicate that there was an underestimation of the relative duration of the postnauplioid stage and overestimation of the duration of the embryonic stage compared to the sampled data.

Mysid species living in the coastal zones of temperate latitudes usually produce three generations per year at most, whereas mysid species producing more than three generations per year usually live

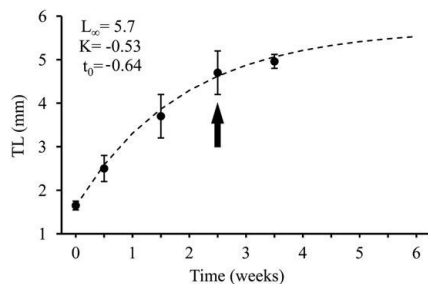


Fig. 6. *Hemimysis lamornae mediterranea*. The von Bertalanffy growth curve fitted to the laboratory data at 20 °C. The initial size was considered the mean size of newly released juveniles ($L(0) = 1.65 \pm 0.07$ mm TL). Arrow indicates the age at sexual maturity.

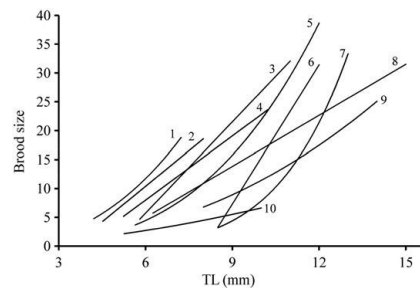


Fig. 7. Comparison of the relationship between brood size and female size in some species of Mysida (calculated from regression equations; see references). 1, *Hemimysis lamornae mediterranea*; 2, *Heteromysis formosa*; 3, *Limnomysis benedini*; 4, *Hemimysis anomala*; 5, *Schistomysis assimilis*; 6, *Neomysis avatschensis*; 7, *Schistomysis ornata*; 8, *Neomysis mirabilis*; 9, *Neomysis integer*; 10, *Mesopodopsis slabberi*. References: 1, (present paper); 2, Allen (1982); 3, Gergs et al. (2008); 4, Ketelaars et al. (1999); 5, San Vicente and Sorbe (2003); 6, Yamada et al. (2007); 7, Sorbe (1991); 8, Yamada et al. (2007); 9, Bremer and Vijverberg (1982); 10, Delgado et al. (1997).

at latitudes below 40° (Mauchline, 1980). While *Hemimysis speluncola* conform to such expectations, producing three annual generations (Gaudy and Guérin, 1979), Lejeusne and Chevaldonné (2005) found evidence of four annual generations in *H. margalefi* in the NW Mediterranean (43° latitude). The precise number of generations and the lifespan of each generation are difficult to determine in these species due to the overlap of different age groups (San Vicente and Sorbe, 1990, 1993, 1995, 2003; Wittmann, 1984). As in many species living in temperate latitudes, the longevity of individuals of *H. l. mediterranea* depends on their generation. The highest life expectancy seems to be found in individuals belonging to winter generation (4–5 months). In contrast, summer individuals grow fast and mature early and their longevity may not exceed 2–3 months.

The growth rates in some mysid species at different temperatures under laboratory conditions are shown in Table 3. *H. lamornae mediterranea* displayed similar values to those obtained for other species of Mysida (Table 3). The growth rate of *H. l. mediterranea* depended on the developmental stage, similar to, e.g., *Neomysis intermedia*, *N. integer* and *Praunus flexuosus* (Toda et al., 1984; Winkler and Greve, 2002). The average growth of *Acanthomysis robusta* is faster in early juveniles but declines with age due to decreases in the molting increment and increases in the intermoult period (Sudo, 2003). Extrapolation of the laboratory data to the field suggests that in Alfacs bay, *H. l. mediterranea* exhibits a multivoltine life cycle: the short generation time suggests that *H. l. mediterranea* could produce many generations per year. At a temperature of 20 °C, juveniles were released from the marsupium 10–12 days after laying eggs, and sexual maturity was reached in 15–20 days; thus new cohorts may be produced in only 32 days. Water temperatures in the Alfacs Bay are ≥ 20 °C from May to October, and several summer generations can therefore be predicted. The winter generation hatched in autumn grows more slowly at the lower temperatures that occur in that period and mature at higher sizes, requiring 3 months of development to mature by the next spring.

The life history parameters of *H. l. mediterranea* do not correspond with the classical concept of r/K-selection. The possession of a marsupium (brood protection) and abbreviation of larval development are described as K-strategy (Brandt, 1999). However, the studied population of *H. l. mediterranea* was also characterized by a combination of early maturity, short juvenile period, rapid growth, small adult size,

continuous reproduction year round, iteroparous females and a relatively high number of generations per year, traits characteristic of r-strategists. The r-strategy life cycle can be an advantage in ecosystems subject to periodical disturbances. *H. l. mediterranea* could opportunistically utilize diverse coastal and estuarine habitats where environmental conditions such as salinity, temperature and turbulence vary unpredictably (Lill et al., 2010). However, the physiological tolerance to environmental stress and trophic relationships with local species remain unknown. *H. l. mediterranea* may be a species that has newly colonized the study area (San Vicente et al., 2011), or it could be native to the Ebro Delta and have overlooked until recently because of the scarcity of studies on biodiversity in Alfacs Bay and adjacent areas. To estimate the entire biological potential and life strategy of *H. l. mediterranea* and its role in the Ebro Delta ecosystem, more detailed studies addressing specific parameters (e.g., its tolerance towards environmental conditions, pollution, predation and feeding behavior) should be conducted.

Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Science and Research to GG (post-doctoral fellowship; INIA). The authors would like to thank Esteban Hernández for their support in sampling. The authors would like to thank the anonymous referees for valuable comments that have greatly improved the paper.

References

Allen, D.M., 1982. Autecology of the cryptic mysid crustacean, *Heteromysis formosa* S.I. Smith 1873, in a temperate estuary. *Hydrobiologia* 93, 1–7.
 Bacescu, M., 1936. *Hemimysis lamornae*, subsp. *reducta* nov. subsp. et *Hemimysis anomala*, dans les eaux Roumaines de la Mer Noire (avec une étude comparative des formes de *Hem. lamornae* des autres mers: *H. l. typica* et *H. mediterranea* nov. subsp.). *Annales Scientifiques de l'Université de Jassy* 23, 70–93.
 Bacescu, M., 1941. Les mysidacés des eaux Méditerranéennes de la France (spécialement de Banyuls) et des eaux de Monaco. *Bulletin de l'Institut océanographique* 795, 1–46.
 Bacescu, M., 1954. Mysidacea. *Fauna Republicii Populare Romîne, Crustacea*, IV (3). *Academia Republicii Populare Romîne, Bucuresti*, p. 126.
 Baldó, F., Drake, P., 2002. A multivariate approach to the feeding habits of small fishes in the Guadalquivir Estuary (SW Spain). *Journal of Fish Biology* 61, 21–32.
 Biju, A., Panampunnayil, S.U., 2011. Population structure and reproductive biology of *Mesopodopsis orientalis* (Crustacea: Mysida) in a tropical mangrove ecosystem in India. *Marine Biodiversity Records* 4, 1–9.
 Borcherding, J., Murawski, S., Arndt, H., 2006. Population ecology, vertical migration and feeding of the Ponto-Caspian invader *Hemimysis anomala* in a gravel-pit lake connected to the River Rhine. *Freshwater Biology* 51, 2376–2387.
 Brandt, A., 1999. On the origin and evolution of Antarctic Peracarida (Crustacea, Malacostraca). *Scientia Marina* 63 (Suppl. 1), 261–274.
 Bremer, P., Vijverberg, J., 1982. Production, population biology and diet of *Neomysis integer* (Leach) in a shallow Frisian lake (The Netherlands). *Hydrobiologia* 93, 41–51.
 Camp, J., Delgado, M., 1987. Hidrografía de las bahías del delta del Ebro. *Investigacion Pesquera* 51, 351–369.
 Chevaldonné, P., Lejeusne, C., 2003. Regional warming-induced species shift in north west Mediterranean marine caves. *Ecology Letters* 6, 371–379.
 Chinchilla, M., Comín, F.A., 1977. Contribució al coneixement dels crustacis del delta de l'Ebre. *Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural*, 8 119–144.
 Colosi, G., 1929. I Micidacei del Golfo di Napoli. *Pubblazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 9, 405–441.
 Couch, R.Q., 1856. On Crustacea new to the British Fauna. *Zoologist Series* 1 (14), 5281–5288.
 Cuadras, C.M., 1991. Problemas de probabilidades y estadística. *Inferencia estadística*, vol. 2. Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A. Barcelona.
 Czerniavsky, V., 1882. *Monographia Mysidarum imprimis Imperii Rossici*. Fasc. 1, 2. *Trudy St-Petersburgsko Obschestwo Estestvoitpytalelei*, 12 1–170.
 Delgado, L., Guerao, G., Ribera, C., 1997. Biology of the mysid *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden, 1861) (Crustacea, Mysidacea) in a coastal lagoon of the Ebro delta (NW Mediterranean). *Hydrobiologia* 357, 27–35.
 Delgado, L., Guerao, G., Ribera, C., 2009. The gammaridea (Amphipoda) fauna in a mediterranean coastal lagoon: considerations on the population structure and reproductive biology. *Crustaceana* 82, 191–218.
 Domingues, P.M., Fores, R., Turk, P.E., Lee, P.G., Andrade, J.P., 1999. Culture of the mysid, *Mysidopsis almyra* (Bowman) (Crustacea: Mysidacea) in a static water system: effects of density and temperature on production, survival and growth. *Aquaculture Research* 30, 135–143.
 Domingues, P.M., Fores, R., Turk, P.E., Lee, P.G., Andrade, J.P., 2000. Mysid culture: lowering costs with alternative diets. *Aquaculture Research* 31, 719–728.
 Dumont, S., 2006. A new invasive species in the north-east of France, *Hemimysis anomala* g.o. Sars, 1907 (Mysidacea). *Crustaceana* 79, 1269–1274.

Table 3
 Comparison of the growth rates in some mysid species under laboratory conditions. References: ¹ Escáñez et al. (2012); ² Domingues et al. (1999); ³ Domingues et al. (2000); ⁴ Nipper and Williams (1997); ^{5,6} Winkler and Greve (2002); ⁷ Toda et al. (1984); ⁸ Gaudy and Guérin (1979); ⁹ present study.

Species	Temp. (°C)	Developmental stage	Growth rate (mm d ⁻¹)
<i>Gastrosaccus roscoffensis</i> ¹	20	Juvenile–adult (34 days)	0.16
<i>Mysidopsis almyra</i> ²	26	Juvenile–adult	0.40
	22	(15, 23 and 29 days)	0.26
	18		0.13
<i>Leptomysis</i> sp. ³	27	Juvenile–adult	0.19
<i>Tenagomysis novaezealandiae</i> ⁴	20	Juvenile–adult	–0.1
<i>Neomysis integer</i> ⁵	10	3–7 mm	0.05–0.09
		8–12 mm	0.03–0.08
	15	3–7 mm	0.12–0.19
<i>Praunus flexuosus</i> ⁶		8–12 mm	0.03–0.09
	10	3–14 mm	0.08–0.14
	15	15–24 mm	0.03–0.09
<i>Neomysis intermedia</i> ⁷		3–14 mm	0.12–0.17
		15–24 mm	0.03–0.1
	20	Juveniles	0.21
<i>Hemimysis speluncola</i> ⁸	25	Adults	0.05
	14	Juvenile	0.079
<i>H. lamornae mediterranea</i> ⁹	18	Juvenile	0.104
	22	Juvenile	0.175
	20	2.5–3.7 mm	0.15
		4–5 mm	0.06

- Escánez, E., Riera, R., Márquez, L., Skalli, A., Felipe, B.C., García-Herrero, I., Reis, D., Rodríguez, C., Almansa, E., 2012. A general survey of the feasibility of culturing the mysid *Gastrosaccus roscoffensis* (Peracarida, Mysida): growth, survival, predatory skills, and lipid composition. *Ciencias Marinas* 38, 475–490.
- Fanelli, F., Badalamenti, F., D'Anna, G., Pipitone, C., 2009. Diet and trophic level of scudfish *Arnoglossus laterna* in the southern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean): contrasting trawled versus untrawled areas. *Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89, 817–828.
- Fockekey, N., Mees, J., Vangheluwe, M., Verslycke, T., Janssen, C.R., Vincx, M., 2005. Temperature and salinity effects on post-marsupial development of the brackish water mysid *Neomysis integer* (Crustacea: Mysidacea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 326, 27–47.
- Fockekey, N., Ghekiere, A., Bruwiere, S., Janssen, C.R., Vincx, M., 2006. Effect of salinity and temperature on the intra-marsupial development of the brackish water mysid *Neomysis integer* (Crustacea: Mysidacea). *Marine Biology* 148, 1339–1356.
- Forés, E., Menéndez, F.A., Comín, F.A., 1986. Contribución al Conocimiento de Crustáceos y Rotíferos del Delta del Ebro. *Miscel·lània Zoològica* 10, 105–111.
- Fulton, R.S., 1982. Predatory feeding of two marine mysids. *Marine Biology* 72, 183–191.
- Gaudy, R., Guérin, J.P., 1979. Ecophysiologie compare des mysidacés *Hemimysis speluncola* Ledoyer (cavernicole) et *Leptomysis livura* G.O. Sars (non cavernicole). Action de la température sur la croissance en élevage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 38, 101–119.
- Gergs, R., Hanselmann, A.J., Eisele, I., Rothhaupt, K.O., 2008. Autecology of *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 (Crustacea: Mysida) in Lake Constance, Southwestern Germany. *Limnologia* 38, 139–146.
- Hakala, I., 1978. Distribution, population dynamics and production of *Mysis relicta* (Lovén) in southern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 15, 243–258.
- Johnston, N.M., Ritz, D.A., Fenton, G.E., 1997. Larval development in the Tasmanian mysids *Anisomysis mixta australis*, *Tenagomysis tasmaniae* and *Paramesopodopsis rufa* (Crustacea: Mysidacea). *Marine Biology* 130, 93–99.
- Ketelaars, H.A.M., Lambregts-van de Clundert, F.E., Carpentier, C.J., Wagenvoort, A.J., Hoogenboezem, W., 1999. Ecological effects of the mass occurrence of the Ponto-Caspian invader, *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea: Mysidacea), in a freshwater storage reservoir in The Netherlands, with notes on its autecology and new records. *Hydrobiologia* 394, 233–248.
- Ledoyer, M., 1989. Les mysidacés (Crustacea) des grottes sous-marines obscures de Méditerranée nord-occidentale et du proche Atlantique (Portugal et Madère). *Marine Nature* 2, 39–62.
- Lejeune, C., Chevaldonné, P., 2005. Population structure and life history of *Hemimysis margalefi* (Crustacea: Mysidacea), a 'thermophilic' cave-dwelling species benefiting from the warming of the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 287, 189–199.
- Lill, A.W.T., Lall, A., Clos, G.P., 2010. Life history and reproduction of two abundant mysids (Mysidacea: Mysidacea) in an intermittently open New Zealand estuary. *Marine and Freshwater Research* 61, 633–641.
- Lo Bianco, S., 1909. Notizie Biologiche riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del golfo di Napoli. *Mittheilungen aus der Zoologischen. Station zu Neapel*, 19 513–761.
- Macquart-Moulin, C., Patrioti, G., 1966. Remarque sur la biologie d'*Hemimysis speluncola* Ledoyer. Mysidacé sciaphile des grottes sous-marines obscures de la région de Marseille: Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume Faculté des Sciences de Marseille, 40, pp. 253–258.
- Marty, J., 2008. Biological synopsis of the Bloody Red Shrimp (*Hemimysis anomala*). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2842, 1–36.
- Mauchline, J., 1973. The broods of British Mysidacea (Crustacea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 53, 801–817.
- Mauchline, J., 1980. The biology of Mysids and Euphausiids. Part one, the biology of mysids. *Advances in Marine Biology* 18, 1–369.
- Mees, J., Meland, K. (Eds.), 2012. World List of Lophogastrida, Stygiomysida and Mysida (onwards). Available online at <http://www.marinespecies.org/mysidacea>. Accessed on 2012-12-03.
- Munilla, T., San Vicente, C., 2005. Suprabenthic biodiversity of Catalan beaches (NW Mediterranean). *Acta Oecologica* 27, 81–91.
- Nipper, M.G., Williams, E.K., 1997. Culturing and toxicity testing with the New Zealand mysid *Tenagomysis novaezealandiae*, with a summary of toxicological research in this group. *Australasian Journal of Ecotoxicology* 3, 117–129.
- Norman, A.M., 1892. On British Mysidae, a family of Crustacea Schizopoda. *The Annals and Magazine of Natural History* 10 (56), 143–166 (Ser. 6).
- Ramarn, T., Chong, V.C., Hanamura, Y., 2012. Population structure and reproduction of the mysid shrimp *Acanthomysis thailandica* (Crustacea: Mysidae) in a tropical mangrove estuary, Malaysia. *Zoological Studies* 51, 768–782.
- Rastorff, P.A., Harmelin-Vivien, M., Richard, P., Chevaldonné, P., 2011. Feeding strategies and resource partitioning mitigate the effects of oligotrophy for marine cave mysids. *Marine Ecology Progress Series* 440, 163–173.
- Ribes, M., Coma, R., Zabala, M., Gili, J.M., 1996. Small-scale spatial heterogeneity and seasonal variation in a population of a cave-dwelling Mediterranean mysid. *Journal of Plankton Research* 18, 659–671.
- Riera, T., Zabala, M., Peñuelas, J., 1991. Mysids from a submarine cave emerge each night to feed. *Scientia Marina* 55, 605–609.
- San Vicente, C., Munilla, T., 2000. Misidáceos suprabentónicos de las playas catalanas (Mediterráneo nordoccidental). *Orsis* 15, 45–50.
- San Vicente, C., Sorbe, J.C., 1990. Biología del misidáceo suprabentónico *Schistomysis kervillei* (Sars, 1885) en la plataforma continental Aquitana (Suroeste de Francia). *Actas del VI Simposio Ibérico de Estudio del Bentos Marino Ed. Bilbilis (Palma de Mallorca)*, pp. 245–267.
- San Vicente, C., Sorbe, J.C., 1993. Biologie du Mysidacé suprabenthique *Schistomysis parkeri* Norman, 1892 dans la zone sud du Golfe de Gascogne (plage d'Hendaye). *Crustaceana* 65, 222–252.
- San Vicente, C., Sorbe, J.C., 1995. Biology of the suprabenthic mysid *Schistomysis spiritus* (Norman, 1860) in the southeastern part of the Bay of Biscay. *Scientia Marina* 59, 71–86.
- San Vicente, C., Sorbe, J.C., 2003. Biology of the suprabenthic mysid *Schistomysis assimilis* (Sars, 1877) on Creixell beach, Tarragona (northwestern Mediterranean). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 19, 391–406.
- San Vicente, C., Delgado, L., Hernandez, E., Guerao, G., 2011. A record of the mysid *Hemimysis lamornae mediterranea* (Crustacea: Mysida) from the western Mediterranean, with a complete morphological description. *Marine Biodiversity Records* 4, 1–9.
- Sinopoli, M., Fanelli, E., D'Anna, G., Badalamenti, F., Pipitone, C., 2012. Assessing the effects of a trawling ban on diet and trophic level of hake, *Merluccius merluccius*, in the southern Tyrrhenian Sea. *Scientia Marina* 76, 677–690.
- Solé, J., Turiel, A., Estrada, M., Llebot, C., Blasco, D., Camp, J., Delgado, M., Fernández-Tejedor, M., Diogène, J., 2009. Climatic forcing on hydrography of a Mediterranean bay (Alfacs Bay). *Continental Shelf Research* 29, 786–1800.
- Sorbe, J.C., 1991. Biología del misidáceo suprabentónico *Schistomysis ornata* (Sars, 1864) en la plataforma continental aquitana (suroeste de Francia). *Actas V Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino* 24, 273–298.
- Sparre, P., Venema, S.C., 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper* 306.1. Rev. 2. FAO, Rome (407 pp.).
- Suau, P., Vives, F., 1957. Sobre la presencia de *Gastrosaccus sanctus* (Van Beneden) en la desembocadura del río Ebro. *Investigacion Pesquera* 8, 121–126.
- Subida, M.D., Cunha, M.R., Moreira, M.H., 2005. Life history, reproduction, and production of *Gammarus chevreuxi* (Amphipoda: Gammaridae) in the Ria de Aveiro, northwestern Portugal. *The North American Benthological Society* 24, 82–100.
- Sudo, H., 2003. Effect of temperature on growth, sexual maturity and reproduction of *Acanthomysis robusta*. (Crustacea: Mysidacea) reared in the laboratory. *Marine Biology* 143, 1095–1107.
- Tattersall, W.M., Tattersall, O.S., 1951. The British Mysidacea. R. Soc., London 460.
- Toda, H., Takahashi, M., Ichimura, S.E., 1984. The effect of temperature on the post-embryonic growth of *Neomysis intermedia* Czerniavsky (Crustacea, Mysidacea) under laboratory conditions. *Journal of Plankton Research* 6, 647–662.
- Valdemoro, H.L., Sánchez-Arcilla, A., Jiménez, J.A., 2007. Coastal dynamics and wetlands stability. The Ebro Delta case. *Hydrobiologia* 577, 17–29.
- Winkler, G., Greve, W., 2002. Laboratory studies of the effect of temperature on growth, moulting and reproduction in the co-occurring mysids *Neomysis integer* and *Praunus flexuosus*. *Marine Ecology Progress Series* 235, 177–188.
- Wittmann, K.J., 1981. On the breeding biology and physiology of marsupial development in Mediterranean *Leptomysis* and other Mediterranean mysidacea (Mysidacea: Crustacea) with special reference to the effects of temperature and egg size. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 53, 261–279.
- Wittmann, K.J., 1984. Ecophysiology of marsupial development and reproduction in Mysidacea (Crustacea). *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 22, 293–428.
- Wittmann, K.J., 1985. Freilanduntersuchungen zur lebensweise von *Pyroleptomysis rubra*, einer neuen benthopelagischen mysidacee aus dem mittelmeer und dem roten meer. *Crustaceana* 48, 153–166.
- Wittmann, K.J., 2001. Centennial changes in the near-shore mysid fauna of the Gulf of Naples (Mediterranean Sea), with description of *Heteromysis riedli* sp. nov. (Crustacea, Mysidacea). *Marine Ecology* 22, 85–110.
- Wittmann, K.J., 2004. *Retromysis nura* new genus and species (Mysidacea, Mysidae, Heteromysini) from a superficial marine cave in Minorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea). *Crustaceana* 77, 769–783.
- Wittmann, K.J., 2005. Anthropogenic dispersal and environmental impact of invasive species of Mysidae (Mysidacea: Crustacea) on a world-wide scale. *Geophysical Research Abstracts* 7, 10881.
- Wittmann, K.J., Ariani, A.P., 2009. Reappraisal and range extension of non-indigenous Mysidae (Crustacea, Mysida) in continental and coastal waters of eastern France. *Biological Invasions* 11, 401–407.
- Wittmann, K.J., Ariani, A.P., 2010. Lophogastrida & Mysida. In: Relini, G. (Ed.), *La checklist della fauna marina italiana: Biol. Mar. Mediterr.*, 17 (Suppl. 1), pp. 474–483.
- Wortham-Neal, J.L., Price, W.W., 2002. Marsupial developmental stages in *Americamysis bahia* (Mysida: Mysidae). *Journal of Crustacean Biology* 22, 98–112.
- Yamada, K., Takahashi, K., Vallet, C., Taguchi, S., Toda, T., 2007. Distribution, life history, and production of three species of *Neomysis* in Akkeshi-ko estuary, northern Japan. *Marine Biology* 150, 905–917.

4. DISCUSSIÓ

4.DISCUSSIÓ

Els resultats obtinguts durant el desenvolupament d'aquesta Tesi Doctoral són una contribució al coneixement de la biodiversitat dels Peracarida del Delta de l'Ebre, de la dinàmica de les poblacions i de les estratègies reproductives de les espècies estudiades.

SOBRE LA DIVERSITAT I LES DINÀMIQUES POBLACIONALS DELS PERACARIDA DEL DELTA DE L'EBRE

Les característiques ecològiques dels Peracarida del Delta de l'Ebre estan molt relacionades amb l'alt estrès ambiental provocat per les marcades fluctuacions de la salinitat i la temperatura de la zona d'estudi, a més de l'eutrofització causada per les activitats humanes. El vent, els canvis en la pressió atmosfèrica, i els temporals poden modificar les condicions de les badies i llacunes en pocs minuts (Camp i Delgado, 1987). Molt possiblement, i com a conseqüència d'aquesta notable variabilitat ambiental, moltes de les espècies capturades són ocasionals i es produeixen fortes fluctuacions en la diversitat d'espècies. Com era previsible, quan les densitats d'una espècie són altes hi ha una gran homogeneïtat, així, la diversitat és gran quan cap espècie predomina (Martin-Smith, 1993). Per altra banda, les espècies habituals presenten una forta estacionalitat en l'àrea d'estudi. Aquestes fluctuacions son característiques de les zones estuarines i intermareals de les regions temperades, en les quals els increments de temperatura i salinitat expliquen, en part, aquestes fluctuacions, també, són importants la disponibilitat d'aliment i la contaminació deguda a les activitats humanes, que regulen la presència i l'aptitud biològica (*fitness*) d'aquestes espècies (Calil i Borzone, 2008).

Aquestes fluctuacions de la abundància al llarg de l'any, també afecten a moltes espècies ja estudiades de Mysida i Amphipoda en altres estuaris, com per exemple: *Mysidopsis tortonesei* Bacescu, 1968 a l'estuari del Rio de la Plata (Calliari *et al.*, 2007); *Gastrosaccus psammodytes* Tattersall, 1958 a Eastern Cape, South Africa (Wooldridge, 1981); *Metamysidopsis neritica* Bond-Buckup i Tavares, 1992 a Paranà, Brasil (Calil i Borzone, 2008); *Jassa falcata* Montagu, 1808 a Helgoland Harbour (Mar del Nord) (Nair i Anger,

1980); *Corophium multisetosum* Stock, 1952 a la Ria d'Aveiro (NW Portugal) (Cunha *et al.*, 2000); *Corophium orientale* Schellenberg, 1928 a l'Estuario del Guadalquivir (Baldó *et al.*, 2011); *Monocorophium insidiosum* Crawford, 1937 a al golf de Taranto (S Itàlia) (Prato i Biandolino, 2006); *Jassa marmorata* Holmes, 1903 a Portofino (Mar Lìgur, Itàlia) (Scinto *et al.*, 2007).

En el canal de l'Encanyissada, durant el període 1993-1995, hem observat que l'espècie de Mysida *Mesopodopsis slabberi* i diferents espècies de Gamarida alternen la seva presència al llarg del temps (Figura 16), però les variacions en l'abundància d'aquestes espècies no poden atribuir-se només a un factor ambiental. *Gammarus aequicauda* és una espècie eurihalina, extraordinàriament resistent al canvis de salinitat. Les fluctuacions en la seva abundància no poden ser explicades exclusivament per les entrades d'aigua dolça i marina; altres paràmetres fisicoquímics o biològics han d'estar-hi implicats (temperatura, disponibilitat d'aliment, etc).

En ambients més estables en relació a la salinitat, com és el cas del port de Sant Carles de la Ràpita, s'han observat fluctuacions en la abundància de dues espècies de Mysida: *Siriella jaltensis* i *Hemimysis lamornae mediterranea*. Ambdues espècies presenten una clara alternança en quant a la seva abundància mensual. En aquest cas les abundàncies relatives estan relacionades amb la temperatura de l'aigua (Figura 17).

En tots els mostrejos realitzats, a més de les fluctuacions en el nombre total de individus capturats, també s'han observat variacions en la proporció de mascles i femelles. La sex-ràtio sovint és esbiaixada cap a les femelles. Per la majoria d'espècies de Mysida el nombre de femelles augmenta notablement a finals de primavera i per Amphipoda a principis d'hivern degut a que els mascles d'hivern moren abans que les femelles, tal i com ja s'ha observat en altres espècies com *Orchestia gammarella* i *Monocorophium insidiosum* (Amanieu, 1967; Casabianca, 1967). A més, el determinisme del sexe està molt influït per la temperatura (Kinne, 1950) i/o per altres paràmetres com la contaminació per ions pesants (Mc Kenney, 2003).

Diferents paràmetres poblacionals de les espècies de Mysida estudiades mostren una variació estacional clara, molt marcada en la badia d'Els Alfacs, on la temperatura de l'aigua oscil·la més que a mar obert. Trobem generacions d'hivern que presenten talles més grans i d'esperança de vida més alta, i generacions de primavera-estiu, que arriben a la maduresa sexual en assolir talles més petites.

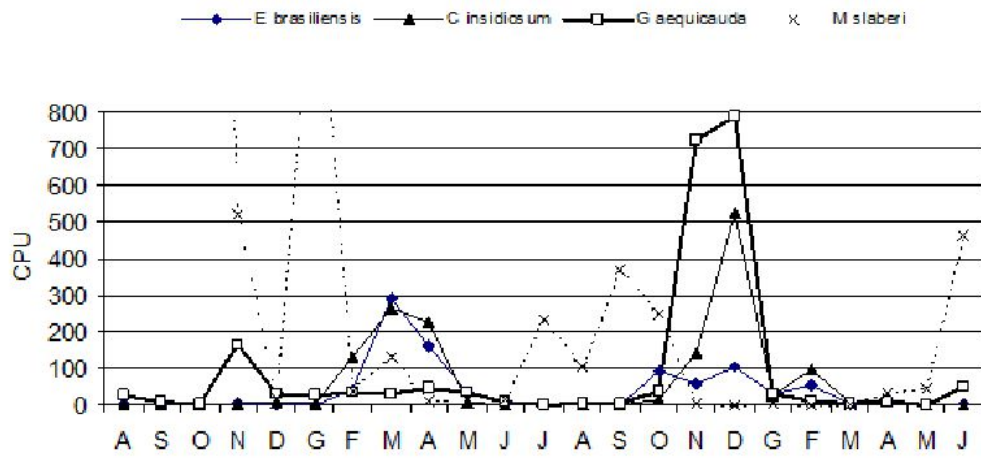


Fig. 16. Abundància mensual (CPUE) de *Monocorophium insidiosum*, *Ericthonius brasiliensis*, *Gammarus aequicauda* i *Mesopodopsis slabberi*

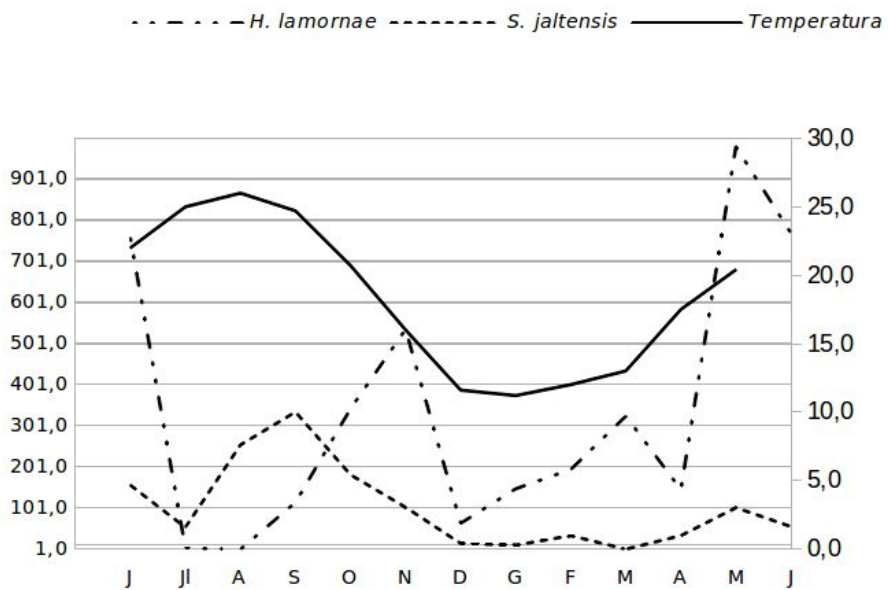


Fig. 17. Temperatura i abundància mensual (CPUE) de *Hemimysis lamornae mediterranea* i *Siriella jaltensis*.

En el Delta les talles mitjanes dels mascles de les espècies estudiades no són més grans que les de les femelles, però en alguns casos com *Hemimysis lamornae mediterranea* les femelles poden sobrepassar clarament la mida dels mascles i també podem trobar individus immadurs més grans que les femelles adultes. Aquesta característica ha estat assenyalada en altres espècies com *Mesopodopsis orientalis* col·lectades al Canadà (Biju *et al.*, 2011). Això posa de manifest que la longitud total per si sola no és un bon indicador de la maduresa sexual. L'esperança de vida després de la maduresa sexual en *Hemimysis lamornae* és de 3-6 mesos aproximadament, depenent si els individus pertanyen a les generacions de primavera-estiu o a la d'hivern. En els Amphipoda, les talles màximes dels individus madurs doblen pràcticament les talles mitjanes (Taula 1) i l'esperança de vida després de la maduresa sexual en *Gammarus aequicauda* pot arribar a un any. En *Monocorophium insidiosum* l'esperança de vida de és de 4 a 6 mesos, al igual que la d'*Erichthonius brasiliensis*.

Taula 1 Talla (Lt en mm) d'adquisició de caràcters sexuals secundaris i maduresa sexual en les espècies estudiades

	♂ Lt d'adquisició dels Caràcters sexuals	♀ Lt d'adquisició dels Caràcters sexuals.	Maduresa en el ♂ mitjana (màxima)	Maduresa en la ♀ mitjana (màxima)
<i>H. lamornae</i>	2,3	2,8	4,5 (5,8)	4,7 (6,5)
<i>M. slabberi</i>	4,3	4,5	5,4 (9,29)	5,8 (9,16)
<i>M. insidiosum</i>	1,4	1,3	2,6 (5,6)	2,58 (6)
<i>G. aequicauda</i>	3	2	7,18 (15)	5,08 (12)
<i>E. brasiliensis</i>	1	1,5	3,2 (6)	2,5 (5,6)

SOBRE LA REPRODUCCIÓ DE LES ESPÈCIES ESTUDIADES

En totes les espècies estudiades la reproducció és continua tot l'any. A més, aquestes espècies es mostren iteròpares, poden fer més d'una posta dins del seu cicle vital, com moltes altres espècies de Peracarida de latituds temperades.

En el article «The Gammaridea (Amphipoda) fauna in a Mediterranean

coastal lagoon: considerations on population structure and reproductive biology» s'ha fet referència a l'índex de fertilitat en les espècies de Gammarida. En aquesta discussió es proposa aplicar aquest concepte a totes les poblacions de Peracarida estudiades fins ara en el Delta de l'Ebre. L'índex de fertilitat, IF és el producte de la mitjana del nombre d'ous per posta de les femelles d'una espècie (BSm) multiplicat pel rang de mida mitjà de les femelles madures d'aquesta espècie (HMBLr), entenent que aquest rang ens dóna un valor concordant amb el número de postes que pot tenir una femella en un any (Sainte Marie .1991):

$$IF = HMBLr \cdot BSm$$

$$HMBLr = (BL_{max} - BL_m) \cdot BL_m^{-1}$$

BL_{max} = longitud total màxima. BL_m = longitud total mitjana.

En la taula 2 es mostren els resultats obtinguts. D'aquests podem concloure que Amphipoda presenta un major índex de fertilitat que Mysida excepte per *E. brasiliensis*. Dels Mysida, *Hemymysis lamornae mediterranea*, tot i la seva mida petita, presenta un IF més elevat que *M. slabberi*. *H. l. mediterranea* madura abans i és més fecunda. Això pot indicar que es tracta d'una espècie amb gran capacitat de colonitzar nous ambients igual que la espècie *Hemimysis anomala*, que es comporta com una espècie invasora en moltes àrees (Salemaa i Hietalahti 1993; Ketelaars *et al.*,1999).

En totes les espècies estudiades la longitud de la femella està correlacionada amb el número d'ous i sovint, també amb la seva grandària. Normalment les femelles ovígeres de mida més petita tenen els embrions més petits i tenen menys ous. En la majoria de les espècies estudiades, comparant els ous de les femelles d'igual rang de mida, presents pràcticament tot l'any, s'observa una correlació inversa significativa entre el diàmetre de l'ou i la temperatura (veure Annex) en *Mesopodopsis slabberi*, *Hemimysis lamornae mediterranea*, *Gammarus aequicauda* i *Monocorophium insidiosum*, femelles d'igual rang de mida tenen ous amb diàmetres més grans en els mesos de temperatures més baixes.

Taula 2. Dades referents a la fertilitat i mida dels ous a les espècies estudiades

	Lmax; Lm en mm	Diàmetre de l'ou mm	Número d'ous		IF	Localitat	Referència
			màxima	mitjana			
M. slabberi	8; 7	0,45	14	5,2	1,82	Delta Ebre Mediterrània	Delgado et al.(1997)
M. slabberi	8,2; 6;9		21	15,2	3	River Tamar Atlàntic est	Greenwood et al. (1989)
H. lamornae	6,5; 4,2	0,49	23	9,5	3,85	Delta Ebre Mediterrània	Delgado et al. (2011)
M. insidiossum	4,5; 2	0,275	20	12	12	Cullercoats Atlàntic	Shedder (1978)
M. insidiossum	5,6; 3,8	0,37	20	10,8	5,1	Helgoland M del Nord	Nair i Anger (1979)
M. insidiossum	6; 3,1	0,30	36	10,2	9,1	Delta Ebre Mediterrània	Delgado et al. (2009)
G. aequicauda	12; 7,8	0,43	87	23,6	12,81	Delta Ebre Mediterrània	Delgado et al. (2009)
G. aequicauda	12; 7			13,5	9,6	Sardenya Mediterrània	Porcu (1983)
G. aequicauda	20; 12,7			31,9	18,8	Evros delta Mediterrània	Kevecridis (1988)
E. brasiliensis	6,5; 5			9,4	2,8	Torbay UK	Hughes (1978)
E. brasiliensis	12; 7,8	0,20-0,36	24	7,7	3,1	Delta Ebre Mediterrània	Delgado et al. (2009)

Ous més grans a l'hivern impliquen joves més grans, més resistents i amb més possibilitats de sobreviure (Thorson, 1950; Skadsheim, 1984; Rabalais i Gore, 1985). Segurament, com afirma Sheder (1995), aquesta sigui una estratègia per a poblacions de litoral i d'aigües somes, on la mortalitat és més alta en els primers estadis juvenils.

No passa el mateix amb el número d'ous per posta, que és significatiu únicament per *Monocorophium insidiossum*. Així doncs, en la majoria de les espècies el número d'ous sembla relacionat únicament amb la mida de la femella.

Per *Erichthonius brasiliensis* no hem trobat cap correlació entre la grandària dels ous o el número d'ous per posta, i la temperatura, això ens fa pensar que sols intervé en aquest cas la mida de la femella. Possiblement les altres espècies estan més adaptades a la zona i presenten poblacions més estables, mentre que *E. brasiliensis* pot no haver encara assentat del tot la població en aquest ambient estuari.

Futurs treballs sobre la fisiologia, la ecologia i la genètica d'aquestes espècies aportaran més coneixements sobre el cicle biològic d'aquestes espècies.

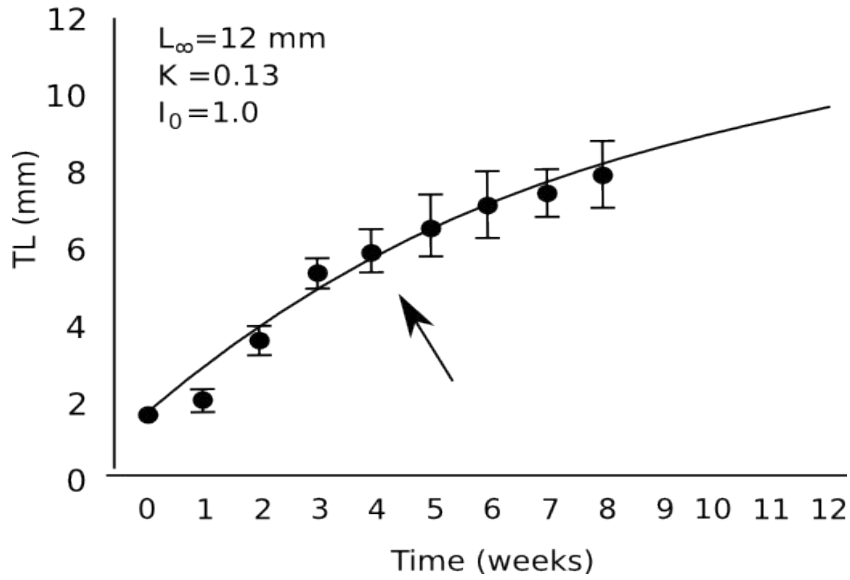
SOBRE EL CREIXEMENT EN EL LABORATORI

En les poblacions estudiades la reproducció és continua tot l'any i això dificulta la identificació de les diferents cohorts i, en conseqüència, l'estudi del seu cycle biològic. L'estudi del creixement i reproducció en el laboratori ha estat de molta utilitat per completar la informació sobre l'estratègia ecològica i reproductiva dels Peracarida.

A la figura 18 es mostra el creixement de juvenils de *G. aequicauda* (A) i de *H. lamornae mediterranea* (B) on es poden observar les diferències en el creixement i la maduració de les dues espècies. El cycle de vida de les dues espècies estudiades no es correspon amb el concepte clàssic de selecció r/K. La protecció de la posta en el marsupi i el desenvolupament gairebé directe de *Mysida* o directe de Gammarida es pot interpretar com una estratègia de tipus K. Però altres característiques de la seva biologia són típiques d'un estratègia r: (1) període juvenil curt (maduració sexual en talles petites); (2) creixement ràpid; (3) adults de mida petita; (4) reproducció continua al llarg de l'any; (5) femelles iteròpares; (6) més d'una generació en un sol any i més d'una cohort per generació; (7) gran resistència al canvis ambientals (en *G. aequicauda*). A més, hem vist que hi ha marcades diferències entre les espècies. En els *Mysida* els caràcters (2) i (3) són molt més destacables però possiblement la resistència als canvis de la salinitat està lluny d'igualar a la descrita en el cas de *G. aequicauda*. *H. lamornae mediterranea* no s'ha capturat en ambients de salinitat fluctuant. Cal afegir, com s'ha comentat anteriorment, que l'IF de *G. aequicauda* és molt superior al d'*H. lamornae*. Les dues espècies poden incrementar ràpidament els nombres d'individus d'una població mostrant dos tipus diferents d'estratègia. *G. aequicauda* aconsegueix una fecunditat elevada assolint la maduresa sexual a una talla més gran. En el cas de *H. lamornae* la baixa fecunditat es pot compensar amb un creixement ràpid i una maduració sexual precoç.

En definitiva, en l'àmbit de la fauna del Delta de l'Ebre, hi ha molta feina a fer ja que encara no es disposa d'un inventari prou rigorós de totes les espècies de crustacis que hi ha a la zona. Estem molt lluny de conèixer quines espècies es troben en els diferents ambients del Delta, com varien les seves poblacions en el temps i en l'espai, i quin paper tenen dins les relacions tròfiques de la comunitat. El present treball pretén ser una contribució a aquests coneixements.

A



B

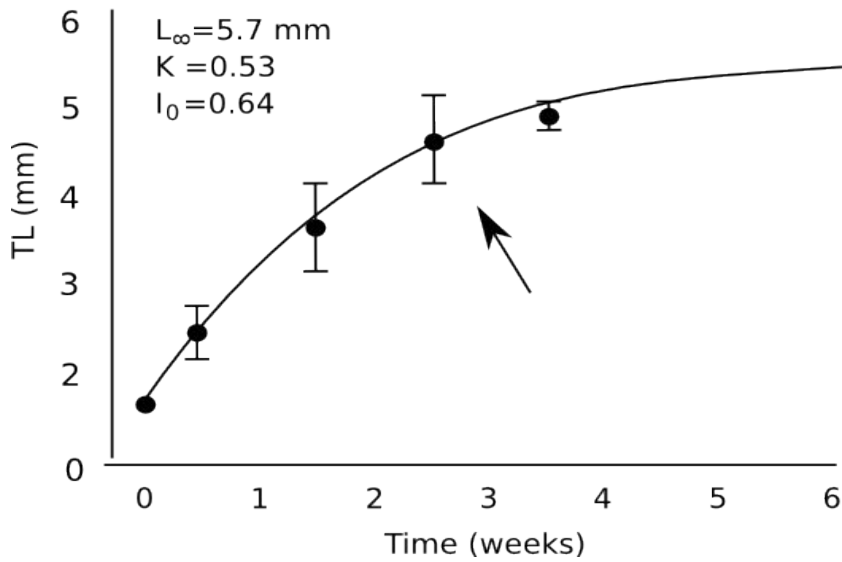


Fig. 18. Model de creixement (von Bertalanffy) ajustat a dades experimentals en el laboratori: A. *Gammarus aequicauda*; B. *Hemimysis lamornae mediterranea*. Les fletxes indiquen la primera aparició de femelles ovígeres.

5.CONCLUSIONS

5. CONCLUSIONS

1. En els ambients estudiats la diversitat específica de Peracarida experimenta fluctuacions estacionals molt marcades relacionades amb el cicle hídric del Delta. (Les poblacions alternen la seva presència al llarg del temps i són poques les espècies presents tot l'any).
2. L'estacionalitat climàtica determina el tipus de generació en relació a la talla de la maduresa sexual, mida màxima i esperança de vida.
3. Totes les espècies estudiades es mostren iteròpares, multivoltines, es reproduïxen al llarg de tot l'any i presenten un reclutament continu.
4. La longitud de la femella està correlacionada amb el número d'ous i sovint, també amb la seva mida.
5. Existeix una correlació negativa significativa entre la mida de l'ou i la temperatura de l'aigua en les femelles ovígeres de longitud mitjana de *Mesopodopsis slabberi*, *Hemimysis lamornae mediterranea*, *Gammarus aequicauda* i *Monocorophium insidiosum*.
6. Les generacions d'hivern presenten talles més grans, i les generacions de primavera-estiu arriben a la maduresa sexual en talles més petites i presenten un número de cohorts més elevat sobre tot en les espècies de Mysida.
7. Existeix una gran variabilitat interespecífica en els índex de fertilitat dels ordres de Peracarida estudiats.
8. L'estratègia ecològica de les espècies estudiades no es correspon amb el concepte clàssic de selecció r/K. Característiques d'ambdues estratègies es poden reconèixer en les espècies més estudiades: *Gammarus aequicauda* i *Hemimysis lamornae mediterranea*. (també en *M. slabberi* i *M. insidiosum*).
9. *Gammarus aequicauda* és una espècie eurihalina que presenta un elevat índex de fertilitat. Aquests fets expliquen la capacitat d'aquest Amphipoda per colonitzar ambients estuarins.
10. Dels Mysida, *Hemimysis lamornae mediterranea*, tot i la seva mida petita, presenta un índex de fertilitat més elevat i una fecunditat relativa més alta que *Mesopodopsis slabberi*.

6. REFERÈNCIES

6. REFERÈNCIES

- Alonso, J., Arillo, A., Barrón, E., Corral, J. C., Grimalt, J., López, J. F., & Trincão, P. R. (2000). A new fossil resin with biological inclusions in Lower Cretaceous deposits from Álava (Northern Spain, Basque-Cantabrian Basin). *Journal Information*, 74 (1).
- Amanieu, M. (1967). Annual reproductive cycle of a population of *Orchestia gammarella* (Pallas), Amphipoda Talitridae, in Arcachon. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Série D: Sciences naturelles*, 264 (9): 1193.
- Arndt, E. A., & Jansen, W. (1986). *Neomysis-Integer* (LEACH) in the Chain of Boddens South of Darss Zingst (WESTERN Baltic)-Ecophysiology and Population-Dynamics. *Ophelia*, 4: 1-15.
- Astthorsson, O. S., & Palsson, O. K. (1987). Predation on euphausiids by cod, *Gadus morhua*, in winter in Icelandic subarctic waters. *Marine Biology*, 96 (3): 327-334.
- Astthorsson, O. S. (1990). Ecology of the euphausiids *Thysanoessa raschi*, *T. inermis* and *Meganyctiphanes norvegica* in Ísafjord-deep, northwest-Iceland. *Marine Biology*, 107 (1): 147-157.
- Aubry, A., & Elliott, M. (2006). The use of environmental integrative indicators to assess seabed disturbance in estuaries and coasts: application to the Humber Estuary, UK. *Marine pollution bulletin*, 53 (1): 175-185.
- Baeza-Rojano, E., García, S., Garrido, D., Guerra-García, J. M., & Domingues, P. (2010). Use of Amphipods as alternative prey to culture cuttlefish (*Sepia officinalis*) hatchlings. *Aquaculture*, 300 (1): 243-246.
- Baird, D., McGlade, J. M., & Ulanowicz, R. E. (1991). The comparative ecology of six marine ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 333 (1266): 15-29.
- Baird, D., & Ulanowicz, R. (1993). Comparative study on the trophic structure, cycling and ecosystem properties of our tidal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 99: 221-237
- Baldó, F., Arias, A. M., & Drake, P. (2011). La comunidad macrobentónica del estuario del Guadalquivir. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 17.(1 y 2): 137-148.
- Barberá Cebrián, C., Ribeiro da Cunha, M., Sánchez Jerez, P., & Ramos

- Esplá, A. A. (2011). Misidáceos asociados a fanerógamas marinas en el sudeste ibérico. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 17 (1 y 2): 97-106.
- Barnard, J. L., & Ingram, C. L. (1986). The supergiant amphipod *Alicella gigantea* Chevreux from the North Pacific gyre. *Journal of crustacean biology*, 6(4): 825-839.
- Barnard, J. L., & Karaman, G. S. (1991) The Families and Genera of Marine Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroids) Part 1 . *Records of the Australian Museum Supplement 13 (Part 1)*. ISBN 0 7305 8743 6
- Bate, C. S. (1859). On the Fossil Crustacean found in the Magnesian Limestone of Durham by Mr. J. Kirkby, and on a New Species of Amphipod. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 15 (1-2): 137-140.
- Beare, D. J., & Moore, P. G. (1998). Aspects of the life histories of *Perioculodes longimanus*, *Pontocrates arcticus* and *Synchelidium maculatum* (Crustacea: Amphipoda) at Millport, Scotland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 78 (01): 193-209.
- Biju, A., & Panampunnayil, S. U. (2011). Population structure and reproductive biology of *Mesopodopsis orientalis* (Crustacea: Mysida) in a tropical mangrove ecosystem in India. *Marine Biodiversity Records*, 4: e43.
- Blegvad, H. (1922). 3. Animal Communities in the Southern North Sea. In *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1 (92): 27-32. Blackwell Publishing Ltd.
- Borowsky, B. (1980). The pattern of tube-sharing in *Microdeutopus gryllotalpa* (Crustacea: Amphipoda). *Animal Behaviour*, 28 (3): 790-797.
- Borowsky, B. (1983). Reproductive behavior of three tube-building peracarid crustaceans: the amphipods *Jassa falcata* and *Ampithoe valida* and the tanaid *Tanais cavolinii*. *Marine Biology*, 77 (3): 257-263.
- Borowsky, B. (1984). The use of the males' gnathopods during precopulation in some gammaridean amphipods. *Crustaceana*, 47 (3): 245-250.

- Bousfield, E. L. (1978). A revised classification and phylogeny of amphipod crustaceans. *Transactions of the Royal Society of Canada*, 4 (16): 343-390.
- Bousfield, E. L. (1982). The Amphipod superfamily Talitroidea in the Northeastern Pacific region. National Museums of Canada; National Museum of natural sciences. *Océanographie biologique*, 11
- Bousfield, E. L., & Poinar Jr, G. O. (1994). A new terrestrial amphipod from Tertiary amber deposits of Chiapas province, southern Mexico. *Historical Biology*, 7 (2): 105-114.
- Bousfield, E. L., & Poinar Jr, G. O. (1995). New terrestrial amphipod from tertiary amber deposits of the Dominican Republic. *Journal of crustacean biology*, 15 (4): 746-755.
- Bousfield, E. L., & Hoover, P. W. (1997). The amphipod superfamily Corophioidea on the Pacific coast of North America: 5. Family Corophiidae: Corophiinae, new subfamily: systematics and distributional ecology. *Amphipacifica*, 2 (3): 67-139.
- Bowman, T. E., & Abele, L. G. (1982). Classification of the recent Crustacea. *The biology of Crustacea*, 1: 1-27.
- Bregazzi, P. K. (1972). Life cycles and seasonal movements of *Cheirimedon femoratus* (Pfeffer) and *Tryphosella kergueleni* (Miers) (Crustacea: Amphipoda). *British Antarctic Survey Bulletin* 34: 21-31.
- Brook, I. M., (1977). Trophic relationships in a seagrass community (*Thalassia testudinum*), in Card Sound, Florida. Fish diets in relation to macrobenthic and cryptic faunal abundance. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106 (3): 219-229.
- Brown, A. C., & McLachlan, A. (1990). Ecology of sandy shores, 1990. Burlington, Academic Press USA.
- Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (1990). Invertebrates. Sinauer, Sunderland, Mass. Chen, J.-Y., Huang, D.-Y. and Li, C.-W: 518-522.
- Calil, P., & Borzone, C. A. (2008). Population structure and reproductive biology of *Metamysidopsis neritica* (Crustacea: Mysidacea) in a sand beach in south Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25 (3): 403-412.
- Calliari, D., Cervetto, G., Castiglioni, R., & Rodríguez, L. (2007). Salinity preferences and habitat partitioning between dominant mysids at the Rio de la Plata estuary (Uruguay). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87 (02): 501-506.
- Camp, J., & Delgado, M. (1987). Hidrografía de las bahías del delta del Ebro. *Inv. Pesq*, 51 (3): 351-369.

- Cannon, H. G., & Manton, S. M. (1927). X.—On the Feeding Mechanism of a Mysid Crustacean, *Hemimysis Lamornæ*. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 55 (01): 219-253.
- Cartañà i Martí, J. (1994). Noves Aportacions Paleontologiques al Muschelkalk Superior de les Muntanyes de Prades: El Cas del Pinetell. *Quaderns de Vilaniu*, 25: 67-93
- Cartes, J. E., & Sorbe, J. C. (1993). Les communautés suprabenthiques bathyales de la Mer Catalane (Méditerranée occidentale): Données préliminaires sur la répartition bathymétrique et l'abondance des Crustacés Péracarides. *Crustaceana*, 64 (2): 155-171.
- Casabianca de M. L. (1967). Sur la biologie de *Corophium insidiosum* Crawford dans l'étang de Biguglia (Corse). *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 91: 401-405.
- Casagrande, C., M. S. Dridi & C. F. Boudouresque, (2006). Abundance, population structure and production of macro-invertebrate shredders in a Mediterranean brackish lagoon, Lake Ichkeul, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 437-446.
- Charniaux-Cotton, H., & Payen, G. (1985) Sexual differentiation, Bliss D.E., Mantel L.H., The Biology of Crustacea, 1985, 217-299. Academic Press. New York
- Chevaldonné, P., & Lejeune, C. (2003). Regional warming-induced species shift in north-west Mediterranean marine caves. *Ecology Letters*, 6 (4): 371-379.
- Chigbu, P., & Sibley, T. H. (1994). Predation by *Neomysis mercedis*: effects of temperature, *Daphnia magna* size and prey density on ingestion rate and size selectivity. *Freshwater Biology*, 32 (1): 39-48.
- Chinchilla, M., & Comín, F. (1977). Contribució al coneixement dels crustacis del delta de l'Ebre. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat*, 8: 119-144.
- Chintiroglou, C. C., Antoniadou, C., Baxevanis, A., Damianidis, P., Karalis, P., & Vafidis, D. (2004). Peracarida populations of hard substrate assemblages in ports of the NW Aegean Sea (eastern Mediterranean). *Helgoland Marine Research*, 58 (1): 54-61.
- Clutter, R. I., & Theilacker, G. H. (1971). Ecological efficiency of a pelagic mysid shrimp; estimates from growth, energy budget, and mortality studies. *Fish. Bull*, 69 (1): 93-115.
- Coleman, C. O., & Myers, A. A. (2000). New Amphipoda from Baltic amber. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 47 (3-4): 457-464.

- Coleman, C. O., & Ruffo, S. (2002). Another discovery of a niphargid amphipod (Crustacea) in Baltic amber. *Mitteilungen des Geologischen-Palaontologischen Instituts, Universitat Hamburg*, 86: 239-244.
- Coleman, C. (2004). Aquatic amphipods (Crustacea: Amphipoda: Crangonyctidae) in three pieces of Baltic amber. *Organisms Diversity & Evolution*, 4 (1): 119-122.
- Coleman, C. (2006). An amphipod of the genus *Synurella* Wrzesniowski, 1877 (Crustacea, Amphipoda, Crangonyctidae) found in Baltic amber. *Organisms Diversity & Evolution*, 6 (2): 103-108.
- Comín, F. A., (1984). Características físicas y químicas y fitoplancton de las lagunas costeras Encanyissada, Tancada y Buda (Delta del Ebro). *Oecologia Aquatica*, 7: 79-169.
- Comín, F. A. & X. Ferrer, (1979). Distribució i ecologia dels macròfits submergits del Delta de l'Ebre. *Butlletí Institució Catalana de Història Natural*, 44: 111-117.
- Comín, F. A., M. Menéndez & E. Forés, (1987). Salinidad y nutrientes en las lagunas costeras del delta del Ebro. *Limnética*, 3: 1-8.
- Comín, F. A., M. Menéndez & J. R. Lucena, (1990). Proporsal for macrophyte restoration in eutrophic coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 200-201: 427-436.
- Comin, F. A., (1981). Limnologia de las lagunas costeras del Delta del Ebro. *Doct. Univ. de Barcelona*.
- Covich, Alan P., James H. Thorp, and D. C. Rogers, (2001). "Introduction to the subphylum Crustacea." *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (2001): 777-809.
- Croker, R. A. (1970). Intertidal sand macrofauna from Long Island, New York. *Chesapeake Science*, 11 (2): 134-137.
- Cunha, M. R., Sorbe, J. C., & Moreira, M. H. (2000). The amphipod *Corophium multisetosum* (Corophiidae) in Ria de Aveiro (NW Portugal). Life history and aspects of reproductive biology. *Marine Biology*, 137 (4): 637-650.
- Curcó, A. (2006). Aiguamolls litorals: el Delta de l'Ebre. Síntesi del medi físic d'una zona humida litoral. *L'Atzavara* Núm 14 Ecosistemes de Catalunya.
- Dauvin, J. C. (1989). Life cycle, dynamics and productivity of Crustacea-Amphipoda from the western English Channel. 5. *Ampelisca sarsi* Chevreux. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 128

- (1): 31-56.
- Dick, J. T., Platvoet, D., & Kelly, D. W. (2002). Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 (6): 1078-1084.
- Fenton G. E., (1994). Breeding biology of *Tenagomysis tasmaniae* (Fenton), *Anisomysis mixta australis* (Zimmer) and *Paramesopodopsis rufa* (Fenton) from south-eastern Tasmania (Crustacea: Mysidacea). *Hydrobiologia*, 287: 259-276.
- Fish, J. D., & Preece, G. S., (1970). The annual reproductive patterns of *Bathyporeia pilosa* and *Bathyporeia pelagica* [Crustacea: Amphipoda]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 50 (02): 475-488.
- Fockedey, N., (2005). Diet and growth of *Neomysis integer* (Leach, 1814) (Crustacea, Mysidacea) (Doctoral dissertation, Universiteit Gent).
- Forés, E., M. Menendez & F. A. Comín, (1986). Contribución al conocimiento de crustáceos y rotíferos del Delta del Ebro. *Miscel·lània Zoològica*, 10: 103-111.
- Franquet i Bernis, J. M., (1995). *Estructura de la propietat agrària. Aplicació a la Regió Catalana de l'Ebre*. Tesi Doctoral Universitat de Barcelona.
- Friend, J. A., & Richardson, A. M. M. (1986). Biology of terrestrial amphipods. *Annual Review of Entomology*, 31 (1): 25-48.
- Iglesias, J., Sánchez, F. J., Moxica, C., Fuentes, L., Otero, J. J., & Pérez, J. L. (2002). Datos preliminares sobre el cultivo de larvas y juveniles de centolla *Maja squinado* Herbst, 1788 en el Centro Oceanográfico de Vigo del Instituto Español de Oceanografía. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18 (1-4): 25-30
- Fulton III, R. S., (1982). Predatory feeding of two marine mysids. *Marine Biology*, 72 (2): 183-191.
- Fusté, X., (1988). Crustaceos decapodos de la Bahía de els Alfacs (Delta del Ebro). *Investigacion Pesquera*, 52: 617-623
- Fusté, X., (1989). Distribution of decapod crustacean larvae in the bays of the Ebro Delta. *Scientia marina*, 53 (1): 767-770.
- Gibrán, F. Z., & Castro, R. M. C., (1999). Activity, feeding behaviour and diet of *Ogcocephalus vespertilio* in southern west Atlantic. *Journal of Fish Biology*, 55 (3): 588-595.

- Glaessner, M. F., (1957). Evolutionary trends in Crustacea (Malacostraca). *Evolution*, 11 (2): 178-184.
- Gomoiu, M. T., (1978). Quantitative data concerning the distribution and ecology of *Mesopodopsis slabberi* (van Beneden) at the Danube River mouths area. *Cercet Mar*, 11: 103-112.
- Greenwood, J.G., Jones, M.B., Greenwood, J., (1989). Salinity effects on brood maturation of the mysid crustacean *Mesopodopsis slabberi*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 69: 683-694.
- Guelorget, O., & Perthuisot, J. P. (1992). Paralitic ecosystems. Biological organization and functioning. *Vie et milieu*, 42 (2): 215-251.
- Guerao, G., Pérez-Baquera, J., & Ribera, C. (1994). Growth and reproductive biology of *Palaemon xiphias* Risso, 1816 (Decapoda: Caridea: Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology*, 14 (2): 280-288.
- Guerao, G., & Ribera, C. (1995). Growth and reproductive ecology of *Palaemon adspersus* (Decapoda, Palaemonidae) in the western Mediterranean. *Ophelia*, 43 (3): 205-213.
- Guerao, G., & Abelló, P. (1996). Patterns of activity in the sympatric prawns *Palaemon adspersus* and *Processa edulis* (Decapoda, Caridea) from a shallow Mediterranean bay. *Scientia Marina*, 60 (2-3): 319-324.
- Guerao, G., & Ribera, C. (1996). Locomotor activity patterns and feeding habits in the prawn *Palaemon serratus* (Pennant, 1777) (Decapoda, Palaemonidae) in the Alfacs Bay, Ebro delta, Spain. *Crustaceana*, 69 (1): 101-112.
- Guerao, G., Ribera, C., (2000). Population characteristics of the prawn *Palaemon serratus* (Decapoda, Palaemonidae) in a shallow Mediterranean Bay. *Crustaceana* 73 (4): 459-468.
- Guerra-García, J. M., Sánchez-Moyano, J. E., & García-Gómez, J. C., (2004) Los Caprélidos (Crustacea: Amphipoda) Del Estrecho De Gibraltar Y Su Utilidad Como Bioindicadores Marinos. *Almoraima* 31: 315-323
- Guerra-García, J. M., Baeza-Rojano, E., Cabezas, M. P., & García-Gómez, J. C. (2011). Vertical distribution and seasonality of peracarid crustaceans associated with intertidal macroalgae. *Journal of Sea Research*, 65 (2): 256-264.
- Hanson, S., Larson, U. & Johansson, S. (1990) Selective predation by herring and mysids, and zooplankton community structure in a Baltic Sea coastal area. *Journal of Plankton Research*, 12(5): 1099-1116.

- Harbison, G. R., Biggs, D. C., & Madin, L. P. (1977). The associations of Amphipoda Hyperiidea with gelatinous zooplankton—II. Associations with Cnidaria, Ctenophora and Radiolaria. *Deep Sea Research*, 24(5): 465-488.
- Heath, D. J., & Khazaeli, A. A. (1985). Population dynamics of the estuarine isopod *Sphaeroma rugicauda*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20 (1): 105-116.
- Hessler, R. & Watling, L. (1999); Order Peracarida *Mémoires de l'Institut Océanographique Fondation Albert 1^{er}, Prince de Monaco* n191: Tome VIII Fascicule IIIA Monaco.
- Hessler, R. R. (1983). A defense of the caridoid facies; wherein the early evolution of the Eumalacostraca is discussed. *Crustacean issues*, 1, 20 (3): 145-164.
- Hesthagen, I. H., (1973). Diurnal and seasonal variations in the near-bottom fauna-the hyperbenthos-in one of the deeper channels of the Kieler Bucht (Western Baltic) *Kieler Meeresforschungen* 29: 116-140
- Hinojosa, I., González, E., Ugalde, P., Valdivia, N., Macaya, E., & Thiel, M., (2007). Distribución y abundancia de macroalgas flotando a la deriva y su fauna peracarida asociada en los canales de la XI región, Chile. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar*, 30: 2.
- Hiwatari, T., & Kajihara, T. (1984). Population dynamics and life cycle of *Hyale barbicornis* (Amphipoda, Crustacea) in a blue mussel zone. *Marine ecology. Progress series*, 20 (1-2): 177-183.
- Holdich, D. M. (1968). A systematic revision of the genus *Dynamene* (Crustacea: Isopoda) with descriptions of three new species. *Pub. Staz. Zool. Napoli*, 36: 401-426.
- Hughes, R. G., (1978). Life-histories and abundance of epizoites of the hydroid *Nemertesia antennina* (L.). *Journal of the Marine Biological association of the United Kingdom*, 58 (02): 313-332.
- Ibàñez, C., Canicio, A., Day, J. W., & Curcó, A. (1997). Morphologic development, relative sea level rise and sustainable management of water and sediment in the Ebre Delta, Spain. *Journal of Coastal Conservation*, 3 (2): 191-202.
- Ibàñez Martí, C. I., & Prat, N. (2004). L'impacte ambiental del Pla Hidrològic en el tram final de l'Ebre. *Anuari de l'Agrupació Borriana de Cultura: revista de recerca humanística i científica*, (15): 9-18.
- Jarman, S. N., Nicol, S., Elliott, N. G., & McMinn, A., (2000). 28S rDNA

- evolution in the Eumalacostraca and the phylogenetic position of krill. *Molecular phylogenetics and evolution*, 17 (1): 26-36.
- Jazdzewski, K., and R. Kulicka. (2000). Ein neuer Flohkrebs (Crustacea) in Baltischen Bernstein. *Fossilien*, 1: 24-26.
- Jazdzewski K., and R. Kulicka. (2000). A note on amphipod crustaceans in a piece of Baltic amber. *Annales Zoologici*, 50: 99-100.
- Jazdzewski K., and R. Kulicka 2002. New fossil amphipod, *Palaeogammarus polonicus* n. sp., from the Baltic amber. *Acta Geologica Polonica*, 52: 379-383.
- Jenner, R. A., Dhubhghaill, C. N., Ferla, M. P., & Wills, M. A. (2009). Eumalacostracan phylogeny and total evidence: limitations of the usual suspects. *BMC Evolutionary Biology*, 9 (1): 21.
- Jerling, H. L., & Wooldridge, T. H. (1995). Feeding of two mysid species on plankton in a temperate South African estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 188(2): 243-259.
- Jimeno A. 1994. Contribución al estudio de los anfípodos de las costas mediterráneas catalanas. Estudio faunístico, ecológico y biogeográfico. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona
- Johnson, S. B., & Attramadal, Y. G. (1982). Reproductive behaviour and larval development of *Tanais cavolinii* (Crustacea: Tanaidacea). *Marine Biology*, 71 (1): 11-16.
- Johnson, W. S., Stevens, M., & Watling, L. (2001). Reproduction and development of marine peracaridans. *Advances in Marine Biology*, 39: 105-260.
- Johnston, N. T., & Northcote, T. G. (1989). Life-history variation in *Neomysis mercedis* Holmes (Crustacea, Mysidacea) in the Fraser River estuary, British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*, 67 (2): 363-372.
- Jones, M. B., & Naylor, E. (1971). Breeding and bionomics of the British members of the *Jaera albifrons* group of species (Isopoda: Asellota). *Journal of Zoology*, 165 (2): 183-199.
- Juan, de S., & Cartes, J. E. (2011). Influence of environmental factors on the dynamics of macrobenthic crustaceans on soft-bottoms of the Ebro Delta continental shelf (northwestern Mediterranean). *Scientia Marina*, 75 (4): 691-700.
- Jumars, P. A. (2007) Habitat Coupling By Mid-Latitude, Subtidal, Marine Mysids: Import-Subsidised Omnivores. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 45: 89-138

- Just, J. (1974). On *Palaeogammarus* Zaddach, 1864, with a description of a new species from western Baltic amber (Crustacea, Amphipoda, Crangonyctidae). *Steenstrupia*, 3: 93-99.
- Kaestner, A. (1970). Crustacea.—Invertebrate Zoology, Volume 3 New York: Interscience
- Karaman, G. S. (1974). Genus *Synurella* Wrzes. Yugoslavia with remarks on its all world known species, their synonymy, bibliography and distribution (fam. Gammaridae). *Poljoprivreda i Šumarstvo*, 20: 83-133.
- Ketelaars, H.A.M., Lambregts-van de Clundert, F.E., Carpentier, C.J., Wagenvoort, A.J., and Hoogenboezem, W. (1999). Ecological effects of the mass occurrence of the Ponto-Caspian invader, *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea: Mysidacea), in a freshwater storage reservoir in The Netherlands, with notes on its autoecology and new records. *Hydrobiologia*, 394: 233-248.
- Kevrekidis, T., & Koukouras, A. (1988). Life cycle and reproduction of *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) in the Evros Delta (NE Greece). *Israel Journal of Zoology*, 35 (3): 137-149..
- Kevrekidis, T. (2004). Population dynamics, growth and reproduction of *Corophium insidiosum* (Crustacea: Amphipoda) at low salinities in Monolimni lagoon (Evros Delta, North Aegean Sea). *Hydrobiologia*, 522 (1-3): 117-132.
- Kinne, O. (1954). Interspezifische Sterilpaarung als konkurrenzökologischer Faktor bei Gammariden (Crustacea, Peracarida). *Naturwissenschaften*, 41 (18): 434-434.
- Kinne, O., (1955). *Neomysis vulgaris*, eine autoökologische Studie. *Biol. Zent. Bl.* 74: 160-202.
- Kolding, S., & Fenchel, T. M. (1981). Patterns of reproduction in different populations of five species of the amphipod genus *Gammarus*. *Oikos*, 37 (2): 167-172.
- Krishnan, L., & John, P. A., (1974). Observations on the breeding biology of *Melita zeylanica* Stebbing, a brackish water amphipod. *Hydrobiologia*, 44 (4): 413-430.
- Kroer, N. (1989). Life cycle characteristics and reproductive patterns of *Idotea* spp.(Isopoda) in the Limfjord, Denmark. *Ophelia*, 30 (1): 63-74.
- Laval, P., (1978.) The barrel of the pelagic amphipod *Phronima sedentaria* (Forsk.)(Crustacea: hyperiidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 33 (3): 187-211.

- Lindén, E., Lehtiniemi, M., & Viitasalo, M. (2003). Predator avoidance behaviour of Baltic littoral mysids *Neomysis integer* and *Praunus flexuosus*. *Marine Biology*, 143(5): 845-850
- Lincoln, R. J., & Hurley, D. E. (1981). The calceolus, a sensory structure of gammaridean amphipods (Amphipoda: Gammaridea). *British Museum (Natural History). Zoology*, 40: 103-116.
- Lowry, J. K., & Springthorpe, R. T. (2001). Amphipoda: families. *Crustacea. Net*.
- Lowry J.K. & R.T. Springthorpe (2005). New and Little-known Melitid Amphipods from Australian Waters (Crustacea: Amphipoda: Melitidae) *Records of the Australian Museum*, 57: 237-302.
- Lowry, J. K., & Myers, A. A. (2013). A Phylogeny and Classification of the Senticaudata subord. nov. Crustacea: Amphipoda). *Zootaxa*, 3610 (1): 1-80.
- Maldonado, A. (1972). El delta del Ebro: estudio sedimentológico y estratigráfico. *Boletín de estratigrafía*, 1: 474.
- Maldonado, A. (1977). Introducción geológica al delta del Ebro. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat*, 8: 7-45.
- Margalef, R., & Herrera, J. (1964). Hidrografía y fitoplancton de la costa comprendida entre Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1961 a julio de 1962. *Investigación Pesquera*, 26: 49-90.
- Margalef, R. (1969). *El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos*. Instituto de Geología Económica.
- Martin, J. W., & Davis, G. E. (2001). An updated classification of the recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County *Science Series* 39
- Martin-Smith, K. M. (1993). Abundance of mobile epifauna: the role of habitat complexity and predation by fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 174 (2): 243-260.
- Mauchline, J., (1971). The biology of *Neomysis integer* [Crustacea, Mysidacea]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 51 (02): 347-354.
- Mauchline, J. (1973). The broods of British Mysidacea (Crustacea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 53(04): 801-817.
- Mauchline, J., (1973). Inter-moult growth of species of Mysidacea (Crustacea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 53: 569-572.

- Mauchline, J., (1973). The broods of British Mysidacea (Crustacea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 53: 801-817.
- Mauchline, J., (1980). The biology of mysids and euphausiids. *Advances in Marine Biology*, 18: 1-677.
- Mauchline, J. (1985). Growth in mysids and euphausiids. *Crustacean issues*, 3: 337-354.
- McKenney Jr, C. L., (1994). Resistance patterns to salinity and temperature in an estuarine mysid *Mysidopsis bahia* in relation to its life cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 109 (1), 199-208.
- McKenney, C. L. (2005). The influence of insect juvenile hormone agonists on metamorphosis and reproduction in estuarine crustaceans. *Integrative and comparative biology*, 45 (1): 97-105.
- McLusky, M. Elliott (2004) *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management* Oxford University Press, Oxford (2004)
- McMenamin, Mark A. S. , Lesly P. Zapata, and Meghan C. Hussey (2013) A Triassic Giant Amphipod from Nevada, Usa *Journal of Crustacean Biology* , 33(6), 751-759.
- Mees, J., Fockedey, N., & Hamerlynck, O. (1995). Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. *Hydrobiologia*, 311(1-3): 153-174.
- Mees, J., & Meland, K. (2012). World List of Lophogastrida, Stygiomysida and Mysida.
- Meland, K. (2002). Mysidacea: families, subfamilies, and tribes Version 1: 2 October 2002.
- Meland, K., & Willassen, E. (2007). The disunity of "Mysidacea" (Crustacea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44(3): 1083-1104.
- Menéndez, M., & Comin, F. A. (2000). Spring and summer proliferation of floating macroalgae in a Mediterranean coastal lagoon (Tancada Lagoon, Ebro Delta, NE Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51 (2): 215-226
- Menéndez, M., Hernandez, O., & Comin, F. A. (2002). Spatial distribution and ecophysiological characteristics of macrophytes in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55 (3):403-413.
- Mills, E. L., (1969). The community concept in marine zoology, with

- comments on continua and instability in some marine communities: a review. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 26 (6): 1415-1428.
- Moore, P. G., (1981). The life histories of the amphipods *Lembos websteri* Bate and *Corophium bonnellii* Milne Edwards in kelp holdfasts. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 49 (1): 1-50.
- Morino, H. (1978). Studies On The Talitridae (AMPHIPODA, Crustacea) In Japan. Life History And Breeding Activity Of *Orchestia platensis* KrøYER. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 24(4-6): 245-267.
- Morritt, D., & Richardson, A. M. M. (1998). Female control of the embryonic environment in a terrestrial amphipod, *Mysticotalitrus cryptus* (Crustacea). *Functional Ecology*, 12 (3): 351-358.
- Morritt, D., & Spicer, J. I. (1996). Developmental ecophysiology of the beachflea *Orchestia gammarellus*(Pallas)(Crustacea: Amphipoda). I. Female control of the embryonic environment. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 207 (1): 191-203.
- Morritt, D., & Spicer, J. I. (1999). Developmental ecophysiology of the beachflea *Orchestia gammarellus* (Pallas)(Crustacea: Amphipoda: Talitridae) III. Physiological competency as a possible explanation for timing of hatchling release. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 232 (2): 275-283.
- Morte, S., Redón, M. J., & Sanz-Brau, A. (1999). Feeding ecology of two megrims *Lepidorhombus boscii* and *Lepidorhombus whiffiagonis* in the western Mediterranean (Gulf of Valencia, Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 79(01): 161-169.
- Murano, M. (1999). *Marumomysis hakuhoae* new genus, new species, from the Sulu Sea(Crustacea: Mysidacea: Mysidae: Erythropini). *Plankton Biology and Ecology* 46 (2): 148-152.
- Myers, A. A. (1971). Breeding and growth in laboratory-reared *Microdeutopus gryllotalpa* Costa (Amphipoda: Gammaridea). *Journal of natural History*, 5(3): 271-277.
- Myers, A. A., & McGrath, D. (1984). A revision of the north-east Atlantic species of *Erichthonius* (Crustacea: Amphipoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 64 (02): 379-400.
- Myers, and W. Wichard. (2002). Taphocoenosis of an extraordinary arthropod community in Baltic amber. *Mitteilungen des Geologischen-Palaontologischen Instituts, Universitat Hamburg* 86: 189-210.
- Myers, A. A., & Lowry, J. K., (2003). A phylogeny and a new classification

- of the Corophiidea Leach, 1814 (Amphipoda). *Journal of Crustacean Biology*, 23(2): 443-485.
- Moore, P. S., Pitt, G. M., & Dettmann, M. E. (1986). The Early Cretaceous Coorikiana Sandstone and Toolebuc Formation: their recognition and stratigraphic relationship in the southwestern Eromanga Basin. *Contributions to the geology and hydrocarbon potential of the Eromanga Basin. Geological Society of Australia, Special Publication*, 12: 97-114.
- Nair, K. B., (1939). The reproduction, oogenesis and development of *Mesopodopsis orientalis* Tatt. *Proc. Indian Acad. Sci.* 9: 175-223.
- Nair C. K. K., & Anger, K. (1980). Seasonal variation in population structure and biochemical composition of *Jassa falcata* (Crustacea, Amphipoda) off the island of Helgoland (North Sea). *Estuarine and Coastal Marine Science*, 11 (5): 505-513.
- Nair, K. K. C., & Anger, K. (1979). Experimental studies on the life cycle of *Jassa falcata* (Crustacea, Amphipoda). *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 32 (4): 444-452.
- Nair SG. (1956). On the embryology of the isopod *Irona*. *J. Embryol. Exp. Morph.* 4: 1-33
- Needham, A. E. (1942). Micro-anatomical studies on *Asellus*. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 2 (84): 49-72.
- Ossa Carretero, J. A. D. L., Dauvin, J. C., Pilar Ruso, Y. D., Giménez Casalduero, F., & Sánchez Lizaso, J. L. (2010). Inventory of benthic amphipods from fine sand community of the Iberian Peninsula east coast (Spain), western Mediterranean, with new records. *Marine Biodiversity Records*, 3: e119;
- Ossa-Carretero, J. A. D. L. , Del-Pilar-Ruso, Y., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J. L., & Dauvin, J. C. (2012). Sensitivity of amphipods to sewage pollution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96: 129-138.
- Pasquaud, S., Lobry, J., & Elie, P. (2007). Facing the necessity of describing estuarine ecosystems: a review of food web ecology study techniques. *Hydrobiologia*, 588(1): 159-172.
- Peck, L. S., & Chappelle, G. (2003). Reduced oxygen at high altitude limits maximum size. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270 (Suppl 2): S166-S167.
- Pérez, S., & Beiras, R. (2010). The mysid *Siriella armata* as a model organism in marine ecotoxicology: comparative acute toxicity

- sensitivity with *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, 19 (1): 196-206.
- Pires, A. M. S., (1987). *Potiicoara brasiliensis*: a new genus and species of Spelaeogriphacea (Crustacea: Peracarida) from Brazil with a phylogenetic analysis of the Peracarida. *Journal of Natural History*, 21 (1): 225-238. .
- Platt, T., & Denman, K., (1978). The structure of pelagic marine ecosystems. *Rapports et Proces Verbaux des Reunions*.
- Poore, G. C. B., (2005). Peracarida: monophyly, relationships and evolutionary success. *Nauplius*, 13 (1): 1-27.
- Porcu, M., & Tagliasacchi Masala, M. L., (1983). Écologie trophique des crustacés et pollution par le mercure dans un étang saumâtre méditerranéen (Santa Gilla, Sardaigne) Trophic ecology of crustaceans in a brackish littoral pond of Sardinia Island polluted by mercury. *Cahiers de Biologie marine*, 24 (2): 159-175
- Powell, R., (1992). Biometry of brooding in seven species of amphipod (Crustacea) from the Clyde Sea area. *Journal of Natural History*, 26(2): 353-371.
- Prato, E., & Biandolino, F. (2005). Amphipod biodiversity of shallow water in the Taranto seas (north-western Ionian Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(02): 333-338.
- Prato, E., Biandolino, F., & Scardicchio, C. (2006). Test for acute toxicity of copper, cadmium, and mercury in five marine species. *Turkish Journal of Zoology*, 30(3): 285-290.
- Price, W. W., Heard, R. W., & Vargas, R. (2009). Shallow water mysids. In *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (pp. 229-236). Springer Netherlands.
- Rabalais, N. N., & Gore, R. H. (1985). Abbreviated development in decapods. *Crustacean*, (2): 67-126.
- Rademacher, K., & Kils, U. (1996). Predator prey dynamics of fifteen-spined stickleback (*Spinachia spinachia*) and the mysid (*Neomysis integer*). *Archive of Fishery and Marine Research*, 43(2): 171-181.
- Redon, M. J., Morte, M. S., & Sanz-Brau, A. (1994). Feeding habits of the spotted flounder *Citharus linguatula* off the eastern coast of Spain. *Marine Biology*, 120 (2): 197-201.
- Richter, S., & Scholtz, G. (2001). Phylogenetic analysis of the Malacostraca (Crustacea). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 39 (3): 113-136.
- Riera, T., Zabala, M., & Peñuelas, J. (1991) Mysids from a submarine cave

- emerge each night to feed. *SCI. MAR*, 55(4): 605-609.
- Robertson, A. I., & Mann, K. H. (1980). The role of isopods and amphipods in the initial fragmentation of eelgrass detritus in Nova Scotia, Canada. *Marine Biology*, 59 (1): 63-69.
- Ruffo, S. (1982). The Amphipoda of the Mediterranean. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, (13): 360.
- Sacchi, C. F., & Occhipinti Ambrogi, A., 1992. Confinement et biocenoses paraliques. *Vie et milieu*, 42 (2): 207-214.
- Sainte-Marie, B. (1991). A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. *Hydrobiologia*, 223 (1): 189-227.
- Salemaa, H., & Hietalahti, V. (1993). *Hemimysis anomala* GO Sars (Crustacea: Mysidacea)-Immigration of a Ponto-caspian mysid into the Baltic Sea. *Ann. Zool. Fennici*, 30: 271-276.
- San Vicente, C., & Munilla, T. (2000). Misidáceos suprabentónicos de las playas catalanas (Mediterráneo nordoccidental). *Orsis*, 15: 45-55.
- San Vicente, C., Guerao, G. i Olesen, J. (2014). Lophogastrida and Mysida. Cap. 38: 199 - 207. In: Martin, J.W.; Olesen, J. & J.T. Hoeg. Atlas of Crustacean Larvae. Johns Hopkins University Press, Maryland, USA.
- Sastry, A. N., (1983). Ecological aspects of reproduction. *The biology of Crustacea*, 8: 179-270.
- Schram FR, Hof CH J. (1998). Fossils and the interrelationships of major crustacean groups. In: Edgecombe GD, ed. Arthropod Fossils and Phylogeny. Columbia University Press, Ne chram FR. 1986. Crustacea. Oxford University Press.
- Scinto, A., Benvenuto, C., Cerrano, C., & Mori, M. (2007). Seasonal cycle of *Jassa marmorata* Holmes, 1903 (Amphipoda) in the Ligurian Sea (Mediterranean, Italy). *Journal of Crustacean Biology*, 27 (2): 212-216.
- Selden, P. A., (1986). A new identity for the Silurian arthropod *Necrogammarus*. *Palaeontology*, 29: 629-631.
- Shader, M. (1977). Production and population dynamics of *Ampelisca tenuicornis* (Amphipoda) with notes on the biology of its parasite *Sphaeronella longipes* (Copepoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 57 (04): 955-968.
- Shader, M. (1978). Distribution and reproductive biology of *Corophium insidiosum* (Amphipoda) on the north-east coast of England. *Journal*

- of the marine biological Association of the United Kingdom*, 58 (03): 585-596.
- Shedder, M. (1996). Factors influencing egg size in the gammarid amphipod *Gammarus insensibilis*. *Marine Biology*, 124 (4): 519-526.
- Shedder, M. (1983). The reproductive biology and ecology of *Gammarus duebeni* (Crustacea: Amphipoda) in southern England. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 63 (03): 517-540.
- Shedder, M., & Chia, F. S. (1970). Development, fecundity and brooding behaviour of the amphipod, *Marinogammarus obtusatus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 50 (04): 1079-1099.
- Shillaker, R. O., & Moore, P. G. (1987). The biology of brooding in the amphipods *Lembos websteri* Bate and *Corophium bonnellii* Milne Edwards. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 110 (2): 113-132.
- Shuster, S. M., & Sassaman, C. (1997). Genetic interaction between male mating strategy and sex ratio in a marine isopod. *Nature*, 388: 373-377.
- Skadsheim, A. (1989). Regional variation in amphipod life history: effects of temperature and salinity on breeding. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 127 (1): 25-42.
- Skadsheim, A., (1984). Coexistence and reproductive adaptations of amphipods: the role of environmental heterogeneity. *Oikos*, 94-103.
- Smallwood, M. E. (1905). *The salt-marsh amphipod: Orchestia palustris* (Vol. 3). Brooklyn Institute of Arts and Sciences Cold Spring Harbor Monogr.3.
- Smith, F., & Witman, J. D. (1999). Species diversity in subtidal landscapes: maintenance by physical processes and larval recruitment. *Ecology*, 80 (1): 51-69.
- Smith, D. G., (2001). *Pennak's freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea*. John Wiley & Sons.
- Snyder, R. J., & Hennessey, T. M. (2003). Cold tolerance and homeoviscous adaptation in freshwater alewives (*Alosa pseudoharengus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 29 (2): 117-126.
- Sotka, E. E., Hay, M. E., & Thomas, J. D. (1999). Host-plant specialization by a non-herbivorous amphipod: advantages for the amphipod and costs for the seaweed. *Oecologia*, 118 (4): 471-482.

- Stachowitsch, M. (1992). *The invertebrates: an illustrated glossary* Wiley-Liss, Inc New York
- Steele, D. H., & Steele, V. J. (1975). The biology of *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda) in the northwestern Atlantic. XI. Comparison and discussion. *Canadian Journal of Zoology*, 53 (8): 1116-1126.
- Strömberg, J-O. (1967). Segmentation and organogenesis in *Limnoria lignorum* (Rathke) (Isopoda). *Arkiv för Zoologi* 20:91-139.
- Tanaka, M. O., & Leite, F. P. (2003). Spatial scaling in the distribution of macrofauna associated with *Sargassum Stenophyllum* (Mertens) Martius: analyses of faunal groups, gammarid life habits, and assemblage structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 293(1): 1-22.
- Tattersall, W. M., & Tattersall, O. S. (1951). *The British Mysidacea* (No. 136) London. Ray Society.
- Taylor, R. S., Schram, F. R., & Yan-Bin, S. (2001). A new Upper Middle Triassic shrimp (Crustacea: Lophogastrida) from Guizhou, China, with discussion regarding other fossil "mysidaceans". *Journal Information*, 75 (2): 310-318
- Thorson, G., (1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews*, 25 (1): 1-45.
- Thiel, M. (1997). Reproductive biology of an epibenthic amphipod (*Dyopedos monacanthus*) with extended parental care. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 77 (04): 1059-1072.
- Ulanowicz, R. E. (1986). A phenomenological perspective of ecological development. *Aquatic Toxicology and Environmental Fate*, 9: 73-81.
- Valdemoro, H. I., Sánchez-Arcilla, A., & Jiménez, J. A. (2007). Coastal dynamics and wetlands stability. The Ebro delta case. In Lagoons and Coastal Wetlands in the Global Change Context: *Hydrobiologia* 577: 17-29
- Van Dolah, R. F., & Bird, E. (1980). A comparison of reproductive patterns in epifaunal and infaunal gammaridean amphipods. *Estuarine and coastal marine science*, 11 (6): 593-604.
- Vlasblom, A. G., & Elgershuizen, J. H. B. W. (1977). Survival and oxygen consumption of *Praunus flexuosus* and *Neomysis integer*, and embryonic development of the latter species, in different temperature and chlorinity combinations. *Netherlands Journal of Sea Research*, 11 (3): 305-31

- Vonk, R., & Schram, F. R. (2007). Three new tanaid species (Crustacea, Peracarida, Tanaidacea) from the Lower Cretaceous Alava amber in northern Spain. *Journal Information*, 81(6): 1502-1509.
- Wade, S., Corbin, T., & McDowell, L. M. (2004). *Critter catalogue: a guide to the aquatic invertebrates of South Australian inland waters*. Environment Protection Authority.
- Wägele, J. W. (1987). On the reproductive biology of *Ceratoserolis trilobitoides* (Crustacea: Isopoda): latitudinal variation of fecundity and embryonic development. *Polar Biology*, 7(1): 11-24.
- Wagner, H. P. (1994). *A monographic review of the Thermosbaenacea (Crustacea: Peracarida)*. Nationaal Natuurhistorisch Museum.
- Walter, N. G. (1980). Reproductive patterns of gammaridean amphipods. *Sarsia*, 65(2): 61-71
- Watling, L. (1983). Peracaridan disunity and its bearing on eumalacostracan phylogeny with a redefinition of eumalacostracan superorders. *Crustacean issues*, 1: 213-228.
- Watling, I. (1999). Toward understanding the relationships of the peracaridan orders: the necessity of determining exact. In *Crustaceans and the Biodiversity Crisis: Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress, Amsterdam, the Netherlands, July 20-24, 1998* (12): 73).
- Watling, L., Hof, C. H., & Schram, F. R. (2000). The place of the Hoplocarida in the malacostracan pantheon. *Journal of Crustacean Biology*, 1-11.
- Weitschat, W., & Wichard, W. (2010). Baltic amber. *Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits*, 80-115.
- Wildgust, M. A., & Jones, M. B. (1998). Salinity change and the toxicity of the free cadmium ion [Cd²⁺aq] to *Neomysis integer* (Crustacea: Mysidacea). *Aquatic toxicology*, 41 (3): 187-192.
- Wittmann, K. J. (1978). Adoption, replacement, and identification of young in marine Mysidacea (Crustacea). *Journal of experimental marine Biology and Ecology*, 32 (3): 259-274.
- Wittmann, K. J. (1981). On the breeding biology and physiology of marsupial development in mediterranean *Leptomysis* (Mysidacea: Crustacea) with special reference to the effects of temperature and egg size. *Journal of experimental marine Biology and Ecology*, 53 (2), 261-279.

- Wittmann, K. J., (1984). Ecophysiology of marsupial development and reproduction in Mysidacea (Crustacea). *Oceanogr Mar Biol Annu Rev*, 22: 393-428.
- Wittmann, K.J., (2001). Centennial changes in the near-shore mysid fauna of the Gulf of Naples (Mediterranean Sea), with description of *Heteromysis riedli* sp. nov. (Crustacea, Mysidacea). *Marine Ecology*, 22: 85-110.
- Wittmann, K.J., (2004). *Retromysis nura* new genus and species (Mysidacea, Mysidae, Heteromysini) from a superficial marine cave in Minorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea). *Crustaceana* 77: 769-783.
- Wittmann, K. J., & Ariani, A. P. (2009). Reappraisal and range extension of non-indigenous Mysidae (Crustacea, Mysida) in continental and coastal waters of eastern France. *Biological Invasions*, 11 (2): 401-407.
- Wolff, T. (1969). The fauna of Rennell and Bellona, Solomon Islands. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 255 (800): 321-343.
- Wolff, W.J. (1973) 'The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt', *Zoologische Verhandelingen*, Leiden, 126: 1-242.
- Wolff, W. J. (1983). Estuarine benthos. ECOSYSTEMS OF THE WORLD. 1983.
- Woodward, H., (1870). On *Necrogammarus salweyi* (H. Woodward), an amphipodus crustacean from the Lower Ludlow of Leintwardine. *Transactions of the Woolhope Naturalists Field Club*, 1870, 271-272.
- Wooldridge, T. (1981). Zonation and distribution of the beach mysid, *Gastrosaccus psammodytes* (Crustacea: Mysidacea). *Journal of Zoology*, 193 (2): 183-189.
- Wooldridge, T., & Bailey, C. (1982). Euryhaline zooplankton of the Sundays estuary and notes on trophic relationships. *South African Journal of Zoology*, 17 (4): 151-163.
- Wooldridge, T. H. (1986). Distribution, population dynamics and estimates of production for the estuarine mysid, *Rhopalophthalmus terranatalis*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 23 (2): 205-223.
- Zaddach, G. (1864). Ein Amphipode im Bernstein. *Schriften der Koniglichen Physikalisch-Okonomischen Gesellschaft zu Konigsberg* 5: 1-12.

<http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/delta-ebre/> 2009

<http://www20.gencat.cat/portal/site/canviclimatic> 02.02.2009

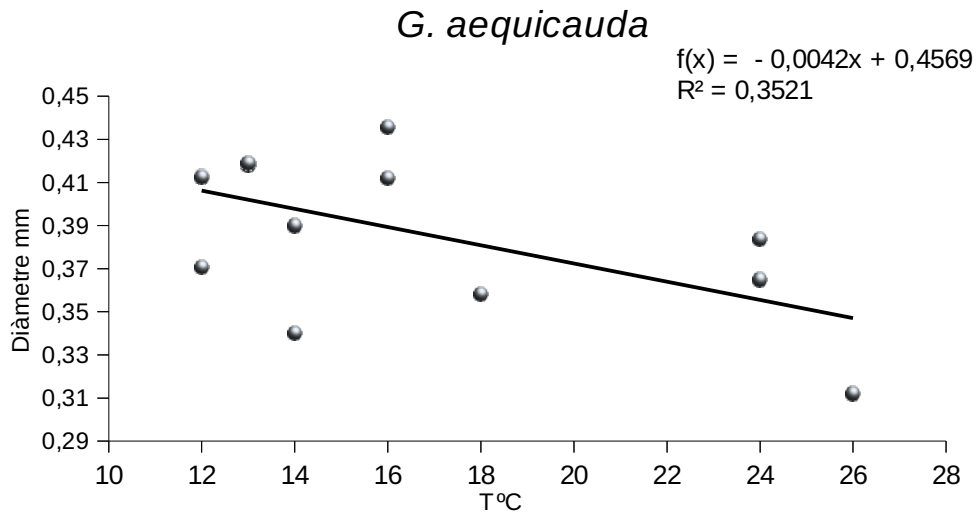
<http://peracarida.usm.edu/MysidaTaxa.pdf>. 1. 20. 2010. Anderson, G.
2010.

<http://data.daff.gov.au/marinepests/> 2014 Mees J.

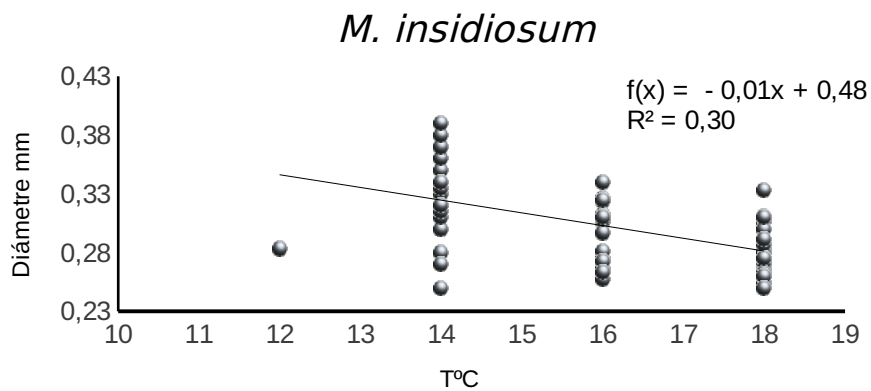
www.marinespecies.org .2012 Mees, J Meland, K

<http://dic.academic.ru> N.A.Gladkova, A.V.Miheeva

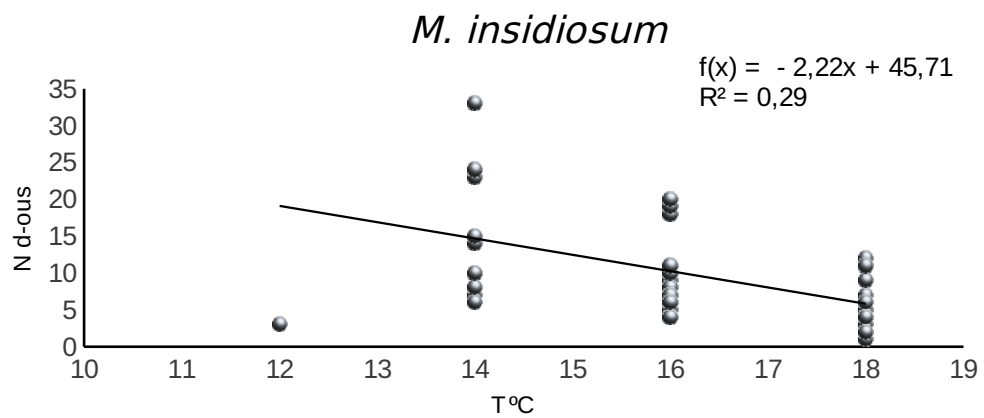
ANNEX



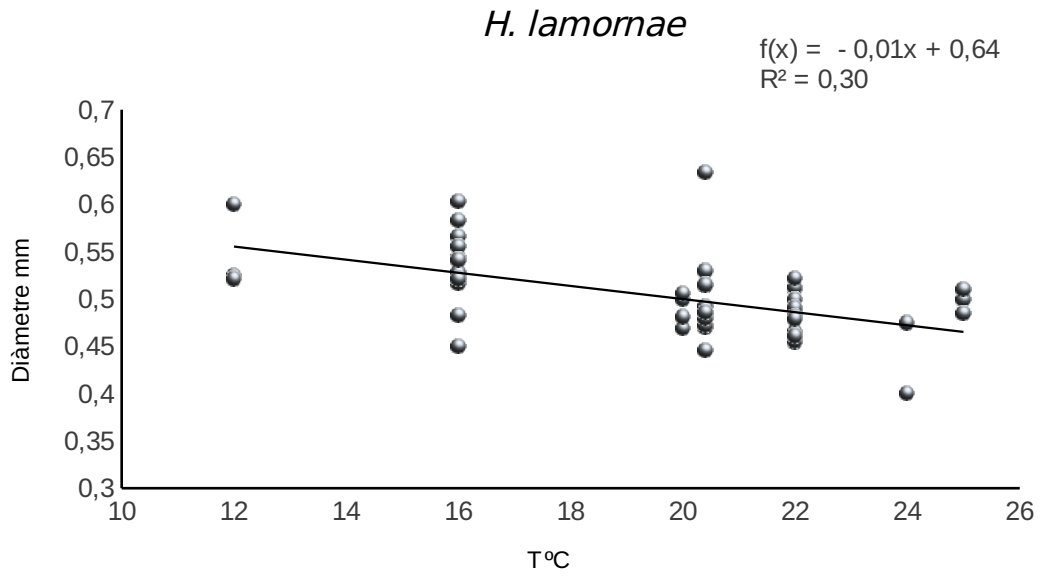
Gammarus aequicauda diàmetre major dels ous de les femelles de talla mitjana (5-8 mm) respecte a la temperatura n=14; r=0,59



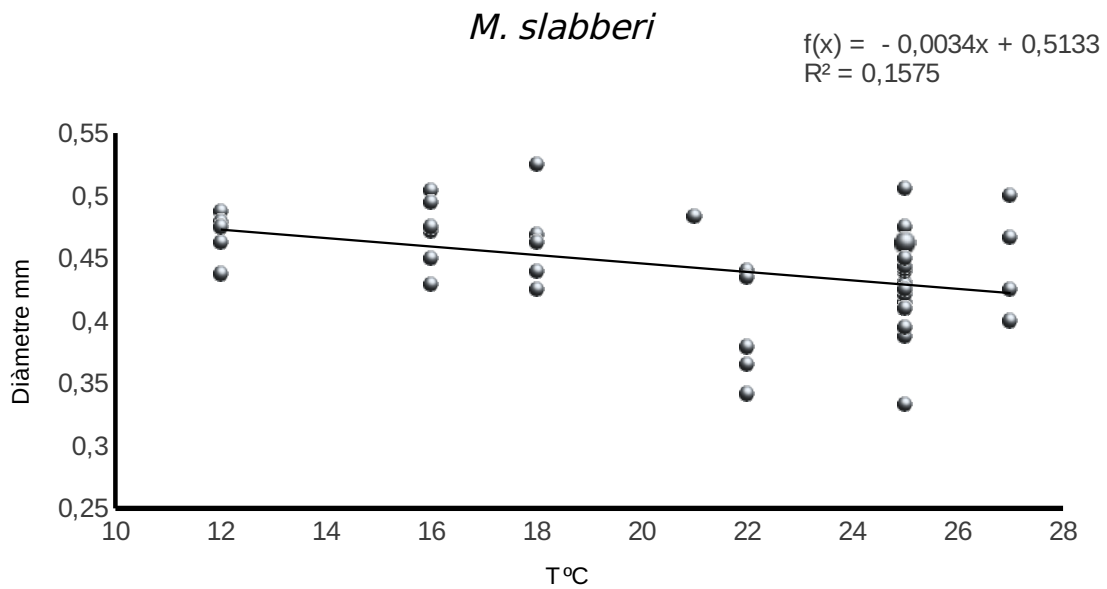
Monocorophium insidiosum diàmetre major dels ous de les femelles de talla mitjana (2,5-3,5 mm) respecte a la temperatura n=14; r=0,59



Monocorophium insidiosum número ous de les femelles de talla mitjana (2,5-3,5) respecte a la temperatura n=76; r=0,29



Hemimysis lamornae mediterranea diàmetre major dels ous de les femelles de talla mitjana (1,4-1,7mm) respecte a la temperatura n=62; r=0,54



Mesopodopsis slabberi diàmetre major dels ous de les femelles de talla mitjana (2-3 mm) respecte a la temperatura n=65; r=0,44