



Bolletí de la  
**Societat d'Història Natural de les Balears**

ISSN 0212-260X  
**Volum 55** (2012)  
Palma de Mallorca

**BSHN**



*Atelerix algirus* atropellat a les carreteres de Menorca, fotografia de F.X. Roig-Munar

**55**

## **Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears**

Revista editada per la Societat d'Història Natural de les Balears amb l'esperit de contribuir a l'increment del coneixement de la naturalesa preferentment dins de l'àmbit de les Illes Balears i la Mediterrània, encara que també publica treballs originals de qualsevol àrea del món. Se publica en la modalitat d'un volum anual.

### **Junta de Publicacions**

Editor: Guillem X. Pons i Buades

Miquel A. Conesa i Muñoz  
Joan J. Fornós i Astó  
Lluís Gómez-Pujol  
Amàlia Grau i Jofre  
Natàlia Llorente Nosti

### **Junta Directiva**

President: Antoni M. Grau i Jofre  
Vice-President: Francesc Gràcia i Lladó  
Secretari: Damià Vicens Xamena  
Tresorera: Maria Vidal Rigo  
Bibliotecari: Martí Llobera O'Brien  
Editor: Guillem X. Pons i Buades  
Vocal 1er: Antelm Ginard Fullana  
Vocal 2on: Francesca Mir Socies  
Vocal 3er: Damià Ramis i Bernad

### **Direcció Postal i Administració del Bolletí**

Societat d'Història Natural de les Balears  
Carrer Margalida Xirgu, 16 baixos  
07011 Palma de Mallorca  
<http://www.shnb.org>  
E-mail: [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org)

**BOLLETÍ**  
**de la**  
**SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL**  
**DE LES BALEARS**  
**55 (2012)**

El present bolletí ha estat editat per la Societat d'Història Natural de les Balears no ha comptat amb cap subvenció.



Vol. 55 (2012)

SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

**Bolletí  
de la Societat  
d'Història  
Natural  
de les Balears**

**Data de publicació: desembre 2012  
Palma de Mallorca  
ISSN 0212-260X**

Depòsit legal, PM 56-1959  
ISSN 0212 – 260 X

Impressió: GBR produccions Gràfiques  
c/ Porto 4  
07014 Palma  
Telf. 871 94 63 27

El consell assessor (Comitè Científic) del **Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears** està integrat pels següents membres, a tots els quals la Junta de Publicacions agraeix la seva col·laboració.

Dr. M. Alonso (Limnos, S.A., Barcelona)  
Dr. J. Armengol (Univ. de Barcelona)  
Dr. E. Ballesteros (Inst. Est. Avançats de Blanes)  
Dr. X. Bellés (Cent. Inst. Des., Barcelona)  
Dr. J. Bertranpetit (Univ. Barcelona)  
Dr. M. Bosch (Univ. de Barcelona)  
Dr. M.A. Carretero (Univ. de Barcelona)  
Dr. M.A. Calvo (Univ. Autònoma de Barcelona)  
Dr. J. Cuello (Barcelona)  
Dr. J.G. Esteban (Univ. de València)  
Dr. J. Ferrer (Naturhis, Riskmuseet, Stockholm)  
Sr. P. Fraga (Institut Menorquí d'Estudis)  
Dr. A. Garcia-Rubiés (Univ. de Barcelona)  
Dr. B. Gelabert (Univ. Illes Balears)  
Sr. A.M. Grau (Soc. Hist. Nat. Balears)  
Dr. C. M. Herrera (Est. Biol. Doñana)  
Dr. C. Juan (Univ. Illes Balears)  
Dr. A. Lacasa (Univ. Politècnica de Cartagena)  
Dr. K. Lethinen (Univ. Turku, Finlàndia)  
Dr. X. Llimona (Univ. de Barcelona)  
Dr. E. Macpherson (Inst. Cienc. Mar Barcelona)  
Dra. A.M. Castilla (Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid)  
Sr. J. Mayol (Cons. Medi Ambient, Govern de les Illes Balears)  
Sr. M. McMinn (SKUA, SL)  
Sr. L. Moragues (Soc. Hist. Nat. Balears)  
Dra. E. Moreno (Est. Exper. Zonas Áridas, Almeria)  
Dr. J. A. Morguí (Univ. Barcelona)  
Dra. C. Mourer-Chauviré (Univ. Lyon)  
Dra. M. Muntàñola-Cvetkovic (Univ. Belgrad)  
Dr. L. Munari (Mus. Civ. Hist. Nat., Venezia)  
Dr. G. Nieto (Real Jardín Botánico de Madrid)  
Sr. L. Núñez (Soc. Hist. Nat. Balears)  
Dr. J.J. Pérez de Gregorio (Barcelona)  
Dr. R. Pérez-Obiol (Univ. Autònoma, Barcelona)  
Dr. E. Petitpierre (Univ. Illes Balears)  
Dr. D. Ramis (Soc. Hist. Nat. Balears)  
Dr. O. Riba (Univ. Barcelona)  
Dra. A. Ribera (Univ. de Barcelona)  
Dr. C. Ribera (Univ. de Barcelona)  
Sr. F. Riera (Soc. Hist. Nat. Balears)  
Dr. V. Roca (Univ. de València)  
Dr. A. Rodríguez-Perea (Univ. Illes Balears)  
Dr. J. Ros (Univ. de Barcelona)  
Dr. J.A. Rosselló (Univ. de València)  
Dr. V.M. Rosselló (Univ. de València)  
Dr. X. Ruiz (Univ. de Barcelona)  
Dr. L. Sáez (Univ. Autònoma, Barcelona)  
Dr. J. Servera (Univ. Illes Balears)  
Dr. J. Terrados (Univ. Autònoma, Barcelona)  
Sr. D. Vicens (Soc. Hist. Nat. Balears)





## INDEX

### Editorial

- Bosch, R., Brunet-Galmés, I., Mas-Lladó, M., Alejandro-Marín, C.M., Jaen-Luchoro, D., Prince, C., Ramon, C., Busquets, A., Gomila, M., Mulet, M., Peña, A., Bennasar, A., García-Valdés, E., Nogales, B., Lalucat, J.** Degradació aeròbica d'hidrocarburs aromàtics per *Pseudomonas* i *Roseobacters*.  
*Aerobic aromatic hydrocarbon degradation by Pseudomonas and Roseobacters* ..... 9

### Articles

- Carbonell, A. and Mallol, S.** Differences between demersal fisheries discards: high and low productivity in zones of the Northwestern Mediterranean Sea.  
*Diferències en els rebuigs de les pesques demersals per hàbitat: comparació entre zones amb alta i baixa productivitat en el nordoest de la mar Mediterrània* ..... 25
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. i Mir-Gual, M.** Morfogènesi i dinàmica de la platja d'es Codolar (Eivissa, Illes Balears).  
*Morphogenesis and dynamics of es Codolar beach (Ibiza, Balearic Islands)* ..... 47
- Abril, S. i Gómez, C.** Distribució i grau d'invasió de la formiga argentina (*Linepithema humile*, Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) al Parc Natural de s'Albufera des Grau, Menorca (Illes Balears).  
*Distribution and degree of invasion of the argentine ant (Linepithema humile Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in the s'Albufera des Grau Natural Park of Minorca (Balearic Islands)* ..... 63
- Roig-Munar, F.X., Pons, G.X. i Comas-Lamarca, E.** Anàlisi de la mortalitat de vertebrats a les carreteres de Menorca.  
*Analysis of the vertebrates mortality in the roads of Menorca* ..... 75
- Palmer, M., Pons, G.X., Outerelo, R., Vives, E., Bellés, X., Garcia, L., Linde, M., Gómez-Pujol, L. i March, D.** Mapping species richness of endemic macroinvertebrates by overlapping distribution maps.  
*Cartografia de la riquesa d'endemismes invertebrats per superposició de mapes de distribució* ..... 99
- Rodríguez-Florit, A., Menció, A. i Brusi, D.** Anàlisi de la intrusió marina derivada de l'extracció d'aigua per a l'abastament urbà a Ciutadella (Menorca, Illes Balears, Mediterrània Occidental).  
*Analysis of seawater intrusion resulting from the extraction of urban water supply in Ciutadella (Menorca, Balearic Islands, Western*

<i>Mediterranean)</i> .....	123
<b>Johnson, L., Pons, G.X. i Roig-Munar, F.X.</b> L'eriçó africà, <i>Atelerix algirus</i> (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), i els passos de bestiar canadencs del Cap de Cavalleria (Es Mercadal, Menorca). <i>The Algerian Hedgehog, Atelerix algirus (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), and cattle grid in the road of the cap de Cavalleria (es Mercadal, Menorca)</i> .....	139
<b>Terrados, J., Diedrich, A., Arroyo, N.L. and Balaguer, P.</b> Recreational boaters support the use of mooring buoys to reduce anchor damage to <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile meadows. <i>Recolzament dels usuaris nàutics recreatius per a l'ús de boies de fondeig per a la reducció de l'impacte del fondeig sobre les praderes de Posidonia oceanica (L.) Delile</i> .....	149
<b>Vicens, D.</b> Els jaciments de platja pleistocens entre Cap Ferrutx i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental). <i>Quaternary beach deposits in Artà between Ferrutx Cape and Cala Torta (Mallorca, Western Mediterranean)</i> .....	163
<b>Ramis, D. i Anglada, M.</b> Una aproximació a l'explotació dels recursos faunístics a Menorca Durant l'edat del Bronze: la naveta de cala Blanca (Ciutadella). <i>An approach to the use of faunal resources in Menorca during the Bronze age</i> .....	175
<b>Vicens, D. i Pons, G.X.</b> Els fòssils del Pleistocè superior procedents de jaciments de les Illes Balears a les col·leccions històriques de la Societat de les Illes Balears (SHNB). Ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda). <i>The fossils from Upper Pleistocene sites of the Balearic Islands in the historical collections of the Natural History Society of the Balearic Islands (SHNB). Order archaeogastropoda (Class Gastropoda)</i> .....	199
 <b>Altres</b>	
<i>In memoriam</i> Bartomeu Barceló i Pons, geògraf (1932-2012) per Vicenç M. Rosselló i Verger .....	211
Normes de Publicació del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	215
Normas de Publicación del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	220
Publication rules of the <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	225



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

## **Degradació aeròbica d'hidrocarburs aromàtics per *Pseudomonas* i *Roseobacters***

Rafael BOSCH, Isabel BRUNET-GALMÉS, Maria MAS-LLADÓ, Catalina  
María ALEJANDRO-MARÍN, Daniel JAEN-LUCHORO,  
Claudia PRINCE, Cristina RAMON, Antonio BUSQUETS,  
Margarita GOMILA, Magdalena MULET, Arantxa PEÑA,  
Antonio BENNASAR, Elena GARCÍA-VALDÉS, Balbina NOGALES i  
Jorge LALUCAT

Grup de Recerca en Microbiologia  
Universitat de les Illes Balears  
Carretera de Valldemossa km 7,5. 07122-Palma de Mallorca  
E-mail: rbosch@uib.es

El grup de recerca en Microbiologia de la Universitat de les Illes Balears (Micro-UIB) ha treballat en Microbiologia Ambiental des de mitjans dels anys vuitanta del segle passat. La plana web del grup (<http://www.uib.cat/recerca/estructures/grups/grup/MICROBIO/>) recull que la seva recerca s'ha centrat en tres línies principals: "Avaluació dels conceptes i definicions de tàxons bacterians", "Anàlisi de comunitats microbianes i de microorganismes ecològicament rellevants" i "Microbiologia de la pol·lució ambiental". Així, els investigadors de Micro-UIB han explorat la diversitat bacteriana, en termes de taxonomia i fisiologia, de diversos ecosistemes de més de 20 localitats geogràfiques diferents. La seva contribució en taxonomia ha donat lloc a la descripció de quasi 50 espècies bacterianes noves. També han explorat la fisiologia de bacteris cultivables emprant

aproximacions bioquímiques i genètiques. A més a més, han començat a aplicar les tecnologies d'alt rendiment (genòmica i proteòmica) a l'estudi dels seus microorganismes model. La present editorial resumeix les contribucions científiques del grup en el camp de recerca de la degradació aeròbica d'hidrocarburs aromàtics per membres del gènere *Pseudomonas* i del grup *Roseobacter*, i descriu els reptes del grup per a la propera dècada en aquest camp de recerca.

### **La minoria cultivable: el gènere *Pseudomonas* i el grup *Roseobacter***

La microbiologia ambiental pot ésser definida com l'estudi dels microorganismes a l'ambient, analitzant quins microorganismes hi ha, quina és la mida de les seves poblacions i quin és el paper que realitzen als ecosistemes on es troben. L'aproximació clàssica per a donar resposta a dites preguntes és l'aïllament de microorganismes en cultiu pur i la seva posterior caracterització genètica, fisiològica i taxonòmica. Malgrat això, s'ha postulat que tan sols es pot cultivar una petita fracció de la comunitat (menys de l'1% de mitjana) (Stewart, 2012). Seguint aquesta estratègia, les primeres publicacions del grup es varen centrar en l'aïllament i la identificació de bacteris degradadors d'hidrocarburs que tenien un paper clau en la degradació de contaminants. L'estratègia d'aïllament emprada pels investigadors (enriquitament i creixement amb hidrocarburs com a font única de carboni i energia) va donar com a resultat una àmplia col·lecció d'aïllats, la major part d'ells afiliats al gènere *Pseudomonas*, que eren capaços de catabolitzar hidrocarburs (Ferrer *et al.*, 1986; García-Valdés *et al.*, 1988; Rosselló-Mora *et al.*, 1994b, Mulet *et al.*, 2011). Els membres del gènere *Pseudomonas* són bacteris generalistes amb una gran versatilitat metabòlica que els hi confereix un enorme potencial d'adaptació a condicions ambientals fluctuants (Silby *et al.*, 2011). Com a conseqüència evolutiva, al gènere *Pseudomonas* s'ha descrit una gran diversitat biològica en termes d'espècies bacterianes distintes (Mulet *et al.*, 2010; Palleroni i Moore, 2004). Així, i fins a la data d'avui, *Pseudomonas* és el gènere de bacteris Gram negatius amb el major nombre d'espècies vàlidament descrites (140 espècies a febrer 2014) atenent a la referència en el camp: "Euzéby's List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature" (<http://www.bacterio.net/pseudomonas.html>).

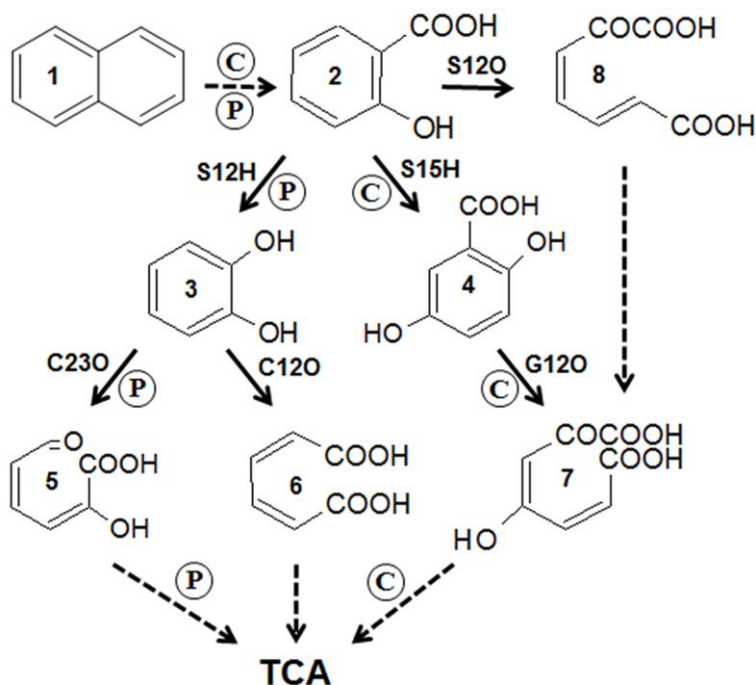
És interessant el fet que la major part dels aïllats analitzats pels investigadors de Micro-UIB es varen afiliar a l'espècie *Pseudomonas stutzeri* (García-Valdés *et al.*, 1988; Rosselló-Mora *et al.*, 1994b). En conseqüència, els investigadors varen realitzar un gran esforç per a aclarir la taxonomia de dits aïllats emprant la major part de les tècniques taxonòmiques disponibles: hibridació DNA-DNA (Rosselló *et al.*, 1991), serologia (Rosselló *et al.*, 1992), anàlisi bioquímica i quimiotaxonòmica (Rosselló-Mora *et al.*, 1994a), filogènia basada en el ARNr 16S (Bennasar *et al.*, 1996), electroforesi en gel de camp polsat (Ginard *et al.*, 1997), anàlisi dels espaiadors del ARNr (Guasp *et al.*, 2000), anàlisi d'electroforesi d'enzims amb múltiples *loci* (Rius *et al.*, 2001), anàlisi de seqüències d'ADN multi *loci* (Cladera *et al.*, 2004), siderotipat (Mulet *et al.*, 2008), i MALDI-TOF de cèl·lules senceres (Scotta *et al.*, 2013). Així, els aïllats obtinguts per Micro-UIB s'han agrupat finalment en 22 genomovars -grups de soques que es poden diferenciar genòmica i filogenèticament però són indistingibles fenotípicament (Ursing *et al.*, 1995)- dintre de l'espècie *P. stutzeri* (Rosselló *et al.*, 1991; Rosselló-Mora *et al.*, 1996; Guasp *et al.*, 2000; Sepúlveda-Torres *et*

al., 2001; García-Valdés et al., 2003; Sikorski et al., 2005; Mulet et al., 2008; Scotta et al., 2013) i s'ha descrit una espècie nova: *Pseudomonas balearica* (Bennasar et al., 1996).

En referència al potencial catabòlic d'hidrocarburs aromàtics, la comunitat científica ha descrit aïllats de l'espècie *P. stutzeri* capaços de metabolitzar benzoat (i derivats halogenats), 4-hidroxibenzoat, benzí-sulfonat (i derivats metilats), carbazol, cresol, dibenzotiofè, fluorantè, fluoridè, indè, naftalè (i derivats metilats i clorats), PCBs, fenantrè, fenol (i derivats metilats), pirè, quinolina, salicilat (i derivats metilats i clorats), tetralina, toluat, toluè i xilè (Lalucat et al., 2006 i referències de la revisió). En aquest camp, els investigadors de Micro-UIB han descrit l'aïllament de soques de *P. stutzeri* degradadores de benzoat, cloronaftalè, clorosalicilat, metil-naftalè, metil-salicilat, naftalè, salicilat, toluat i/o xilè (García-Valdés et al., 1988; 2003; Rosselló-Mora et al., 1994b). D'elles, l'aïllat més ben analitzat és *P. stutzeri* AN10, del que es coneix la seva via de degradació de naftalè (Fig. 1). Els gens que codifiquen per als enzims de la via es troben estructurats en quatre operons: *nahAaAbAcAdBFCEd*, que codifica els enzims involucrats a la conversió de naftalè a salicilat (Amengual, 1992; Bosch et al., 1999a); *nahGTHINLOMKJ*, que codifica els enzims responsables de la conversió de salicilat a catecol (transformació realitzada per la salicilat 1-hidroxilasa NahG) i la seva posterior ruptura *meta* induïda per la catecol 2,3-dioxigenasa (NahH) que el canalitza al cicle de l'àcid tri-carboxílic (Bosch et al., 2000); *nahW*, que codifica per a una salicilat 1-hidroxilasa addicional (Bosch et al., 1999b) que permet la conversió efectiva del salicilat produït durant la degradació de naftalè a catecol, evitant així el seu efecte tòxic (Lanfranconi et al., 2009); i el darrer que codifica el gen regulador *nahR* (Bosch et al., 2000), responsable de l'activació transcripcional dels operons catabòlics en presència de salicilat. És interessant esmentar que vora la via catabòlica es varen trobar diverses Seqüències d'Inserció (SIs) -elements genètics mòbils molt freqüents a bacteris (per informar-se, visitar el lloc web "IS-Finder" a <https://www-is.biotoul.fr/>)-. Una d'elles, *ISPst9*, va resultar ésser essencial per *P. stutzeri* AN10 en l'adquisició de la capacitat de degradar cloro-salicilats (Ginard, 1997; Christie-Oleza et al., 2008) degut a la inactivació gènica produïda al seu genoma que va permetre l'adiant degradació de cloro-catecol. Aquesta evidència experimental va suggerir que les SIs tenien un paper rellevant a l'adaptació de *P. stutzeri* AN10 a la presència d'hidrocarburs. Per aquest motiu, els investigadors de Micro-UIB varen engegar experiments evolutius de llarga durada amb la soca AN10 com a microorganisme model i salicilat com a hidrocarbur de referència. Els resultats obtinguts demostraren que la mobilització de les SIs produïren inactivació gènica i reorganitzacions genòmiques que foren claus per a l'adaptació de la soca AN10 a créixer a altes concentracions de salicilat (fins a 36 mM) (Martín-Cardona, 2009).

Durant la darrera dècada, els investigadors del grup Micro-UIB han fet un esforç considerable en aïllar membres del grup *Roseobacter* de diverses mostres d'origen marí, ara com els ports esportius de l'Illa de Mallorca i les platges contaminades per petroli del litoral gallec. L'interès de Micro-UIB pel grup *Roseobacter* ve donat perquè els *Roseobacters* són components claus del bacteriplàncton marí, especialment a aigües costaneres, on poden arribar a suposar més del 20% dels procariotes que contenen (Buchan et al., 2005). Com passa amb *Pseudomonas*, els *Roseobacters* tenen un estil de vida generalista i són metabòlicament molt versàtils. Addicionalment, són capaços d'emprar hidrocarburs aromàtics per a créixer (Buchan i González, 2010). L'anàlisi genòmic dels *Roseobacters* ha revelat que poden codificar fins a sis vies catabòliques per hidrocarburs monoaromàtics:

benzoat, gentisat, homoprotocateuat, fenilacetat, homogentisat i protocateuat (Moran *et al.*, 2007; Newton *et al.*, 2010). Els nostres esforços han permès l'aïllament en cultiu pur de diversos *Roseobacters* filogenèticament distints. Malgrat l'aïllament es va fer en absència d'hidrocarburs, 19 d'ells són capaços d'emprar almenys un hidrocarbur aromàtic com a font única de carboni i energia (Piña-Villalonga, 2012; Suárez-Suárez, 2013), suggerint que els *Roseobacters* participarien en la degradació d'hidrocarburs aromàtics a l'ecosistema marí. L'aïllat de *Roseobacter* que hem caracteritzat fins a la data d'avui, *Citricella aestuarii* 357, és capaç de degradar naftalè i dibenzotiofè. El seu genoma ha estat recentment seqüenciat (Suárez-Suárez *et al.*, 2012). La via de degradació de naftalè i dibenzotiofè de la soca 357 ha estat caracteritzada, tant genètica com bioquímicament (Suárez-Suárez, 2013). Hem pogut demostrar que la soca 357 catabolitza naftalè *via* salicilat i gentisat (Fig. 1). Fins a la data d'avui, aquest és el primer document científic sobre una via de degradació d'hidrocarburs poliaromàtics ben caracteritzada a un membre del grup *Roseobacter*.



**Fig. 1.** Vies de degradació aeròbica de naftalè a bacteris. P i C indiquen el camí realitzat pel naftalè en la seva metabolització a *Pseudomonas stutzeri* AN10 i *Citricella aestuarii* 357, respectivament. Enzims: S12H, salicilat 1,2-hidroxilasa; C230, catecol 2,3-dioxigenasa; C120, catecol 1,2-dioxigenasa; S15H, salicilat 1,5-hidroxilasa; G120, gentisat 1,2-dioxigenasa; S12O, salicilat 1,2-dioxigenasa. Les línies discontinues indiquen transformacions bioquímiques catalitzades per més d'un enzim. Metabòlits: 1, naftalè; 2, salicilat; 3, catecol; 4, gentisat; 5, hidroxiimucònic semialdehid; 6, *cis-cis*-hidroximuconat; 7, 3-maleilpiruvat; 7, 2-oxohepta-3,5-dienedioiat. TCA: Cicle d'un dels àcids tri-carboxílics.

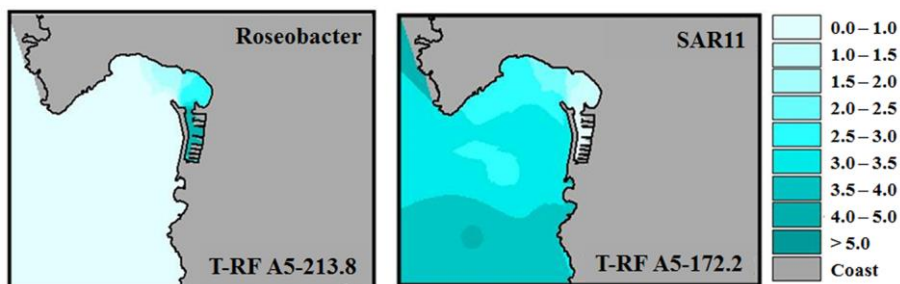
## La majoria invisible: una aproximació molecular a l'ecologia microbiana

Tal com s'ha esmentat abans, menys de l'1% dels bacteris detectats per microscòpia a les mostres ambientals poden formar colònies als medis sòlids. Per aquest motiu, i durant els darrers 30 anys, el coneixement sobre els bacteris ambientals s'ha obtingut principalment mitjançant aproximacions independents de cultiu basades en tècniques de biologia molecular. Aquestes aproximacions s'han emprat també al grup de recerca Micro-UIB per a explorar la majoria no cultivable dels hàbitats d'origen dels nostres aïllats degradadors d'hidrocarburs. Un exemple és l'estudi amb tècniques dependents i independents de cultiu de les poblacions de *Pseudomonas* realitzat al litoral galleg després del vessament de petroli del Prestige. L'objectiu del treball era investigar el paper dels membres del gènere *Pseudomonas* en els processos de degradació naturals de la zona intermareal (Mulet *et al.*, 2011). Amb aquest treball es va posar a punt un mètode d'identificació de *Pseudomonas* a mostres ambientals basat en l'amplificació per PCR (Reacció en Cadena de la Polimerasa) del gen *rpoD* (Mulet *et al.*, 2009). Com a resultat més rellevant, es va detectar i caracteritzar una nova espècie de *Pseudomonas*, *P. aestusnigri* (Sánchez *et al.*, 2014).

L'ecosistema marí contaminat per hidrocarburs més ben caracteritzat pel nostre grup és l'aigua costanera dels ports esportius de l'illa de Mallorca, principalment per l'esforç de mostreig realitzat per tres dels nostres estudiants durant la realització de les seves tesis doctorals (Aguiló-Ferretjans, 2009; Lanfranconi, 2010; Piña-Villalonga, 2012). El major esforç de mostreig es va realitzar a Port Adriano (Calvià, Mallorca). Així, i durant un període de dos anys, vàrem realitzar un mostreig mensual a 18 estacions localitzades dintre i al voltant de dit port esportiu. La combinació de tècniques en biologia molecular i SIG (Sistemes d'Informació Geogràfica) mostrà la substitució gradual de les poblacions bacterianes majoritàries a aigües prístines (p.e., SAR11) per diferents poblacions del grup *Roseobacter* (Fig. 2), i per membres dels *phyla* *Gammaproteobacteria* i *Bacteroidetes* (Nogales *et al.*, 2007; Aguiló-Ferretjans *et al.*, 2008). Per aclarir si aquests canvis poblacionals eren conseqüència de la presència d'hidrocarburs, vàrem realitzar experiments en microcosmos amb aigües prístines contaminades artificialment amb dièsel. El nostre objectiu era simular els successos típics de contaminació per hidrocarburs que ocorren de manera crònica als ports esportius i aigües costaneres del seu voltant. Tal com s'esperava, els filotips relacionats amb les poblacions típiques d'aigües prístines (SAR11, SAR86 i picocianobacteris) varen veure reduït el seu nombre mentre que filotips del grup *Roseobacter* es varen veure afavorits (Lanfranconi *et al.*, 2010). Aquests resultats indicaven que la contaminació per hidrocarburs podria ésser la responsable dels canvis poblacionals prèviament observats a la transició entre aigües prístines i àrees portuàries contaminades, i presentaven als *Roseobacters* com a actors principals en el catabolisme dels hidrocarburs a les aigües marines costaneres.

## Aproximacions actuals i futures: les tecnologies “òmiques”

A l'actualitat, la comunitat científica està fent un esforç enorme en la seqüenciació de genomes sencers d'aïllats ambientals -genòmica (Loman *et al.*, 2012)- per a investigar la rellevància ecològica i biotecnològica de la gran diversitat de bacteris cultivables. De fet,



**Fig. 2.** Mapa mostrant la variació geogràfica (abundància relativa) de dues poblacions de SAR11 i *Roseobacter* a aigües superficials pròximes a Port Adriano (Calvià, Mallorca).

l'aproximació genòmica s'ha estès a l'anàlisi de les comunitats bacterianes -metagenòmica (Danhorn *et al.*, 2012)- i a l'estudi de les cèl·lules individuals no cultivables -genòmica de cèl·lules individuals (Yilmaz i Singh, 2012)-, evitant les etapes d'aïllament de microorganismes. Així, una gran quantitat d'informació genètica s'ha introduït a les bases de dades públiques. Aquestes dades han permès el desenvolupament de diverses metodologies d'alt rendiment dirigides a avaluar quins gens s'expressen -transcriptòmica (Cloots i Marchal, 2011)- i quines proteïnes es produeixen -proteòmica (Armengaud, 2013)-. Addicionalment, s'han desenvolupat metodologies d'alt rendiment per a identificar els metabòlits cel·lulars -metabolòmica (Putri *et al.*, 2013)-. El pas final de les tecnologies "òmiques" és la fluxòmica (Winter i Krömer, 2013), que intenta establir les relacions entre totes les dades "òmiques" per a explicar el flux de metabòlits dintre i entre les cèl·lules.

Els investigadors del grup Micro-UIB han començat a treballar amb dites tecnologies. Així, i tal com s'ha comentat abans, hem seqüenciat el genoma de *C. aestuarii* 357 (Suárez-Suárez *et al.*, 2012). A més a més, hem finalitzat la seqüenciació dels genomes de cinc soques de *P. stutzeri*, tres d'elles no degradadores -ZoBell (Peña *et al.*, 2012), JM300 (Busquets *et al.*, 2012) i NF13 (Peña *et al.*, 2013)- i dues d'elles degradadores de naftalè-CCUG 29243 (Brunet-Galmés *et al.*, 2012) i B1SMN1 (Busquets *et al.*, 2013)-. Actualment, estam seqüenciant els genomes d'altres 20 aïllats (11 *Pseudomonas* i 9 *Roseobacters*), la mitat d'ells capaços de catabolitzar un o més hidrocarburs. També ens hem involucrat en proteòmica, estudiant els patrons d'expressió proteica de diferents *Roseobacters* d'origen marí en distintes condicions d'interès ambiental (Christie-Oleza *et al.*, 2012a; 2012b). En un futur proper, els nostres objectius de recerca es centraran en, combinant diferents tècniques "òmiques" (p.e. genòmica, metagenòmica i proteòmica), millorar el coneixement de la biologia de la degradació d'hidrocarburs en els nostres dos models bacterians: *Pseudomonas* i *Roseobacters*.

## Agraïments

I.B.-G., M.M.-LI i C.M.A.-M són receptores de beques predoctorals del Govern de les Illes Balears (amb cofinançament del Fons Social Europeu), del programa FPU del MEC i del programa FPI del MINECO, respectivament. M.G. és receptora d'un contracte



postdoctoral de la Universitat de les Illes Balears, amb finançament del MECD (Programa Campus d'Excel·lència Internacional). Els fons per la recerca provenen dels projectes CSD2009-00006, CGL2011-24318, CTM2011-24886 i CGL2012-36604, així com de fons pels grups de recerca competitiu del Govern de les Illes Balears (tots ells amb cofinançament FEDER).

## **Aerobic aromatic hydrocarbon degradation by *Pseudomonas* and *Roseobacters***

Since the mid-eighties of the past century, the Microbiology Research Group at the University of Balearic Islands (Micro-UIB) has been working in Environmental Microbiology. As described in the research group institutional web-page (<http://www.uib.eu/en/research/groups/grup/MICROBIO/>), its research has been focused in three major lines: “Evaluation of concepts and definition of bacterial taxa”, “Analysis of microbial communities and ecologically relevant organisms”, and “Microbiology of environmental pollution”. Thus, Micro-UIB researchers have explored the bacterial diversity, in terms of taxonomy and physiology, of several environmental ecosystems from more than 20 geographical locations. Their contribution in bacterial taxonomy has resulted in the description of nearly 50 new bacterial species. They have also explored the physiology of cultured bacteria using biochemical and genetic approaches. Furthermore, they have started to apply new technologies (genomics and proteomics) in the study of their model bacteria. Present report summarizes the scientific contributions of the Micro-UIB group in the field of aerobic degradation of aromatic hydrocarbons by members of the *Pseudomonas* genus and the *Roseobacter* clade, and describes their challenges for the next decade in this scientific research field.

### **The cultivable minority: *Pseudomonas* genus and *Roseobacter* clade**

Environmental microbiology can be defined as the study of microorganisms in the environment, analyzing which microorganisms are there, which is the size of their populations, and which is their role in the environment. The classic approach for answering these questions has been the isolation of microorganisms in pure culture and its further taxonomical, physiological, and genetic characterization. However, it has been postulated that we are able to cultivate just a small fraction (less than 1% on average) of the entire community (Stewart, 2012). Following this strategy, the first scientific reports from Micro-UIB were centered in the isolation and identification of hydrocarbon-degrading bacteria which play a key role in the biodegradation of pollutants. The cultivation strategy used (enrichment and growth with hydrocarbons as unique energy and carbon source) has

resulted in a wide collection of isolates, most of them affiliated to the genus *Pseudomonas*, which were able to catabolize hydrocarbons (Ferrer *et al.*, 1986; García-Valdés *et al.*, 1988; Rosselló-Mora *et al.*, 1994b; Mulet *et al.*, 2011). Members of the genus *Pseudomonas* are generalist bacteria harboring versatile metabolic capabilities that confer them a wide potential for adaptation to fluctuating environmental conditions (Silby *et al.*, 2011). As evolutionary consequence, a wide diversity in term of bacterial species has been described within the genus (Mulet *et al.*, 2010; Palleroni and Moore, 2004). Up to date, *Pseudomonas* is the genus of Gram negative bacteria with the highest number of validly described species (140 species in February 2014) according to the Euzéby's List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (<http://www.bacterio.net/pseudomonas.html>).

Interestingly, most of the isolates analyzed by the Micro-UIB researchers affiliated to the species *Pseudomonas stutzeri* (García-Valdés *et al.*, 1988; Rosselló-Mora *et al.*, 1994b). As consequence, a big effort in clarifying the taxonomy of these isolates was performed using most of available techniques used in bacterial taxonomy: DNA-DNA hybridization (Rosselló *et al.*, 1991), serology (Rosselló *et al.*, 1992), biochemical and chemotaxonomic analysis (Rosselló-Mora *et al.*, 1994a), 16S rRNA-based phylogeny (Bennasar *et al.*, 1996), Pulsed Field Gel Electrophoresis analysis (Ginard *et al.*, 1997), rRNA spacer analysis (Guasp *et al.*, 2000), Multi Locus Enzyme Electrophoresis Analysis (Rius *et al.*, 2001), Multi Locus DNA Sequence Analysis (Cladera *et al.*, 2004), siderotyping (Mulet *et al.*, 2008), and whole-cell Matrix-Assisted Laser-Desorption/Ionization Time-of-Flight mass spectrometry (Scotta *et al.*, 2013). Thus, isolates obtained by Micro-UIB have been finally grouped in 22 different genomovars -groups of strains which are genomically and phylogenetically differentiable, but phenotypically indistinguishable (Ursing *et al.*, 1995)- within the species *P. stutzeri* (Rosselló *et al.*, 1991; Rosselló-Mora *et al.*, 1996; Guasp *et al.*, 2000; Sepúlveda-Torres *et al.*, 2001; García-Valdés *et al.*, 2003; Sikorski *et al.*, 2005; Mulet *et al.*, 2008; Scotta *et al.*, 2013) and a new species has been described: *Pseudomonas balearica* (Bennasar *et al.*, 1996).

In relation to aromatic hydrocarbon catabolic potential of hydrocarbon degraders, scientific community has reported the isolation of *P. stutzeri* strains able to metabolize benzoate (and halogenated derivatives), 4-hydroxybenzoate, benzenesulfonate (and methyl derivatives), carbazole, cresol, dibenzothiophene, fluoranthene, fluorine, indane, naphthalene (and methyl or chloro derivatives), PCBs, phenanthrene, phenol (and methyl derivatives), pyrene, quinoline, salicylate (and methyl and chloro derivatives), tetralin, toluate, toluene, and xylene (Lalucat *et al.*, 2006 and references therein). In this field, Micro-UIB researchers reported the isolation of *P. stutzeri* strains able to use benzoate, chloronaphthalene, chlorosalicylate, methylnaphthalene, methylsalicylate, naphthalene, salicylate, toluate, and/or xylene as unique carbon and energy source (García-Valdés *et al.*, 1988; 2003; Rosselló-Mora *et al.*, 1994b). From them, the strain most exhaustively studied by the Micro-UIB group has been *P. stutzeri* AN10, whose entire naphthalene degradation pathway has been well characterized (Fig. 1). Genes coding for the enzymes of this pathway are structured in four operons: *nahAaAbAcAdBFCEd*, coding for the enzymes involved in the conversion of naphthalene to salicylate (Amengual, 1992; Bosch *et al.*, 1999a); *nahGTHINLOMKJ*, coding for the conversion of salicylate to catechol (mediated by the NahG salicylate 1-hydroxylase) and its further *meta*-cleavage by a catechol 2,3-dioxygenase (NahH) that channels it to the tricarboxylic acid cycle (Bosch *et al.*, 2000);

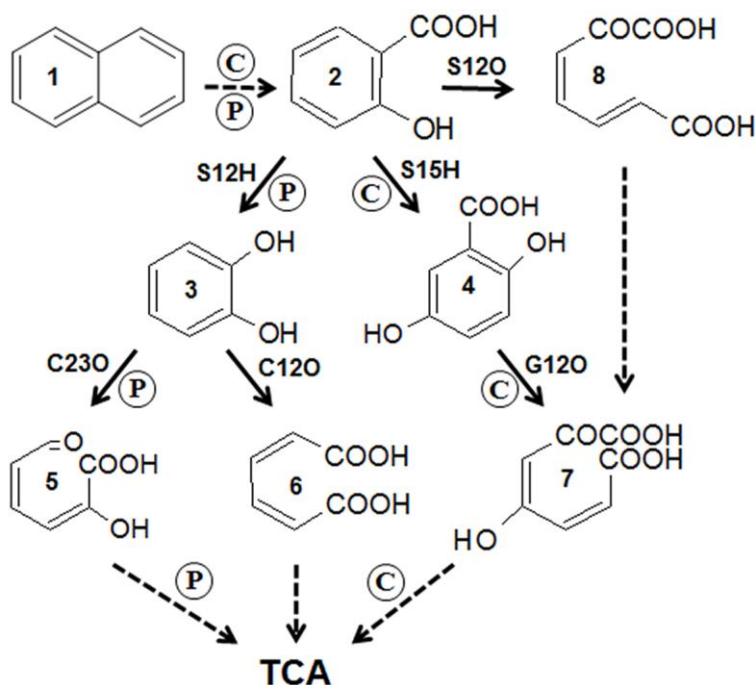
*nahW*, coding for the additional salicylate 1-hydroxylase (Bosch *et al.*, 1999b) that effectively convert the salicylate produced during naphthalene degradation to catechol, preventing its toxic effect (Lanfranconi *et al.*, 2009); and the last containing the regulatory gene *nahR* (Bosch *et al.*, 2000), responsible of the transcriptional activation of the catabolic operons in the presence of salicylate. Interestingly, several Insertion Sequences (ISs) - autonomous mobile genetic elements commonly found in bacteria (for information, visit IS-Finder web site at <https://www-is.biotoul.fr/>)- were found beside the catabolic genetic pathways. One of them, *ISPst9*, resulted to be essential in the acquisition of the capability to degrade chlorosalicylates by *P. stutzeri* AN10 (Ginard, 1997; Christie-Oleza *et al.*, 2008) due to a gene inactivation event that allowed the proper degradation of chlorocatechol. This experimental evidence suggested a relevant role for those ISs in the adaptation of *P. stutzeri* AN10 to the presence of hydrocarbons. Thus, long-term evolutionary experiments with strain AN10 and salicylate as hydrocarbon model were started. The results of these experiments demonstrated that the mobilization of ISs causes gene inactivation and genome reorganization events that seem to be essential for the adaptation of strain AN10 to grow at high salicylate concentrations (up to 36 mM) (Martín-Cardona, 2009).

During the last decade Micro-UIB researchers have also done an effort to isolate members of the *Roseobacter* clade from diverse marine samples, such as marinas of Mallorca Island and oil-polluted beaches at the Galician coast. The interest of the Micro-UIB group in the *Roseobacter* clade started because they are key components of marine bacterioplankton, particularly in coastal surface water where they can represent more than 20% of total prokaryotes (Buchan *et al.*, 2005). As *Pseudomonas*, Roseobacters have a generalist lifestyle and are metabolically versatile. In addition, they are able to use aromatic hydrocarbons for growth. (Buchan and González, 2010). Genome analysis of Roseobacters has revealed that they can harbor up to six catabolic pathways for monoaromatic hydrocarbons: benzoate, gentisate, homoprotocatechuate, phenylacetate, homogentisate, and protocatechuate (Moran *et al.*, 2007; Newton *et al.*, 2010). Our isolation efforts resulted in the cultivation in pure culture of several phylogenetically distinct Roseobacters. Although isolation was performed in the absence of hydrocarbons, 19 of them were able to use at least one aromatic hydrocarbon as unique carbon and energy source (Piña-Villalonga, 2012; Suárez-Suárez, 2013), suggesting that Roseobacters might participate in aromatic hydrocarbon degradation in marine environments. The *Roseobacter* isolate physiologically characterized up to date, *Citricella aestuarii* strain 357, is able to degrade naphthalene and dibenzothiophene. The genome of this isolate has been recently sequenced (Suárez-Suárez *et al.*, 2012). The pathway for the degradation of naphthalene and dibenzothiophene in strain 357 has been genetically and biochemically characterized (Suárez-Suárez, 2013). We have demonstrated that strain 357 catabolizes naphthalene *via* salicylate and gentisate (Fig. 1). Up to date, this is the first report of a well characterized polyaromatic hydrocarbon degradative pathway in a member of the *Roseobacter* clade.

## The unseen majority: a molecular microbial ecology approach

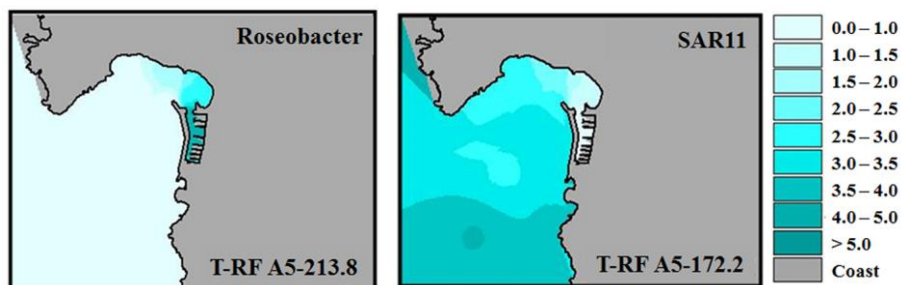
As mentioned before, less than a 1% of the bacteria detected by microscopy in environmental samples are able to form colonies on solid media. For this reason, and during

the last 30 years, knowledge about environmental bacteria has been mainly gained by culture-independent approaches based on molecular biology techniques. These approaches have been also applied by Micro-UIB researchers to explore the unseen majority in the original habitats from which our hydrocarbon-degrading strains were isolated. As example, a combined study of the *Pseudomonas* populations by culture-dependent and -independent study was performed at the Galicia coast after the Prestige oil spill to assess the role of this bacterial genus in the natural attenuation of the oil pollution in the intertidal zone (Mulet *et al.*, 2011). Therefore, a new PCR method based on the *rpoD* gene sequence was developed for detecting *Pseudomonas* in environmental samples (Mulet *et al.*, 2009). As major result, a new *Pseudomonas* species (*P. aestusnigri*) was detected and characterized (Sanchez *et al.*, 2014).



**Fig. 1.** Aerobic naphthalene degradation pathways in Bacteria. P and C indicates the pathway followed by naphthalene in *Pseudomonas stutzeri* AN10 and *Citricella aestuarii* 357, respectively. Enzymes: S12H, salicylate 1,2-hydroxylase; C23O, catechol 2,3-dioxygenase; C12O, catechol 1,2-dioxygenase; S15H, salicylate 1,5-hydroxylase; G12O, gentisate 1,2-dioxygenase; S12O, salicylate 1,2-dioxygenase. Dashed lines indicate biochemical transformations catalyzed by more than one enzyme. Compounds: 1, naphthalene; 2, salicylate; 3, catechol; 4, gentisate; 5, hydroxybenzoate; 6, cis-cis-hydroxymuconate; 7, 3-maleylpyruvate; 8, 2-oxohepta-3,5-dienedioate. TCA: tricarboxylic acid cycle.

Anyhow, the best characterized hydrocarbon-polluted marine ecosystem has been the coastal waters of marinas from Mallorca Island due to the sampling effort performed by three of our students during their Doctoral Thesis (Aguiló-Ferretjans, 2009; Lanfranconi, 2010; Piña-Villalonga, 2012). Biggest effort was done in Port Adriano marina (Calvià, Mallorca, Spain). Thus, for a period of two years, we performed monthly samplings in 18 different stations located in this marina and its nearby coastal waters. Combination of molecular biology techniques and GIS (Geographic Information Systems) technology showed a gradual substitution of the major bacterial populations (i.e. SAR11) in pristine-water by different populations of the *Roseobacter* clade (Fig. 2), and by members of the *Gammaproteobacteria* and *Bacteroidetes* phyla (Nogales *et al.*, 2007; Aguiló-Ferretjans *et al.*, 2008). In order to clarify if those population changes were due to the presence of hydrocarbons, we planned microcosms experiments with pristine water that were polluted with diesel. Our aim was to simulate the typical hydrocarbon pollution events that happen in marinas and their nearby coastal waters. As expected, the phylotypes related to pristine-water populations (SAR11, SAR86, and picocyanobacteria) were reduced in number while phylotypes of the *Roseobacter* clade were favored (Lanfranconi *et al.*, 2010). These results indicated that hydrocarbon pollution might be responsible of the population changes previously observed in the transition between pristine and polluted marina areas, and suggest *Roseobacters* to be major actors in the catabolism of hydrocarbons in coastal marine waters.



**Fig. 2.** Map showing the geographical variation (relative abundance) of two populations of SAR11 and *Roseobacter* in surface seawater next to Puerto Adriano (Calvià, Mallorca, Spain).

### Current and future approaches: The “omics” technologies.

Currently, the scientific community is doing a big effort in sequencing whole genomes of environmental isolates -genomics (Loman *et al.*, 2012)- in order to investigate the ecological and biotechnological relevance of the wide diversity of culturable bacteria. In fact, the genomic approach has been extended to entire bacterial communities -metagenomics (Danhorn *et al.*, 2012)- and to uncultivated single cells -single cell genomics (Yilmaz and Singh, 2012)-, avoiding the isolation procedure. Thus, a huge amount of genetic data has been deposited in public databases. This data has allowed the development of diverse high-throughput methods to evaluate which genes are expressed -transcriptomics

(Cloots and Marchal, 2011)-, and which proteins are produced -proteomics (Armengaud, 2013)-. Additionally, high-throughput methods to identify cell metabolites have also been developed -metabolomics (Putri *et al.*, 2013)-. The final step in this “omics” technologies is fluxomics (Winter and Krömer, 2013), which tries to establish relations between all “omics” data in order to explain the flux of metabolites in cell.

Micro-UIB researchers have started to work with “omics” technologies. As previously mentioned, we have sequenced the genome of *C. aestuarii* 357 (Suárez-Suárez *et al.*, 2012). Additionally, we have finished the genome sequence of five *P. stutzeri* strains, three unable -ZoBell (Peña *et al.*, 2012), JM300 (Busquets *et al.*, 2012), and NF13 (Peña *et al.*, 2013)- and two able to catabolize naphthalene -CCUG 29243 (Brunet-Galmés *et al.*, 2012) and B1SMN1 (Busquets *et al.*, 2013)-. Currently, we are sequencing genomes of other twenty isolates (11 *Pseudomonas* and 9 Roseobacters), half of them able to catabolize one or more hydrocarbons. We have also been involved in proteomics, studying protein expression patterns of several marine Roseobacters in different environmentally relevant conditions (Christie-Oleza *et al.*, 2012a; 2012b). Our near-future research aim is, combining several “omics” technologies (i.e. genomic, metagenomic, and proteomics), to improve our knowledge in the biology of hydrocarbon degradation in our two model microorganisms: *Pseudomonas* and Roseobacters.

## Acknowledgements

I.B.-G., M.M.-LI, and C.M.A.-M were supported by a fellowship from the Government of the Balearic Islands (with FSE co-funding), a FPU grant from the Spanish MECED, and a FPI grant from the Spanish MINECO, respectively. M.G. was supported by a postdoctoral contract from the University of the Balearic Islands, with funds from the Spanish MECED through the International Excellence Campus Program. Funds were obtained from projects CSD2009-00006, CGL2011-24318, CTM2011-24886, and CGL2012-36604, as well as funds for competitive research groups from the Government of the Balearic Islands (all with FEDER co-funding).

## References

- Aguiló-Ferretjans, M.M., Bosch, R., Martín-Cardona, C., Lalucat, J. and Nogales, B. 2008. Phylogenetic analysis of the composition of bacterial communities in human-exploited coastal environments from Mallorca Island (Spain). *Syst. Appl. Microbiol.* 31: 231-240.
- Aguiló-Ferretjans, M.M. 2009. *Dinàmica espai-temporal de comunitats bacterianes marines en relació a l'ús del litoral a l'illa de Mallorca*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Amengual, J.F. 1992. *Metabolismo de derivados halogenados y metilados del naftaleno por Pseudomonas stutzeri AN10*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Armengaud, J. 2013. Microbiology and proteomics, getting the best of both worlds! *Environ. Microbiol.* 15: 12-23.
- Bennasar, A., Rosselló-Mora, R., Lalucat, J. and Moore, E.R.B. 1996. 16S rRNA gene sequence analysis relative to genomovars of *Pseudomonas stutzeri* and proposal of *Pseudomonas balearica* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46: 200-205.

- Bosch, R., García-Valdés, E. and Moore, E.R. 1999a. Genetic characterization and evolutionary implications of a chromosomally encoded naphthalene-degradation upper pathway from *Pseudomonas stutzeri* AN10. *Gene* 236: 149-157.
- Bosch, R., Moore, E.R., García-Valdés, E. and Pieper, D.H. 1999b. NahW, a novel, inducible salicylate hydroxylase involved in mineralization of naphthalene by *Pseudomonas stutzeri* AN10. *J. Bacteriol.* 181: 2315-2322.
- Bosch, R., García-Valdés, E. and Moore, E.R.B. 2000. Complete nucleotide sequence and evolutionary significance of a chromosomally encoded naphthalene-degradation lower pathway from *Pseudomonas stutzeri* AN10. *Gene* 245: 65-74.
- Buchan, A., González, J.M. and Moran, M.A. 2005. Overview of the marine *Roseobacter* lineage. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 5665-5677.
- Buchan, A. and González, J.M. 2010. *Roseobacter*. In: Timmis, K.N. (ed.) *Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology*. Springer-Verlag, Berlin. 1335-1343.
- Busquets, A., Peña, A., Gomila, M., Bosch, R., Nogales, B., García-Valdés, E., Lalucat, J. and Bennisar, A. 2012. Genome sequence of *Pseudomonas stutzeri* strain JM300 (DSM 10701), a soil isolate and model organism for natural transformation. *J. Bacteriol.* 194: 5477-5478.
- Busquets, A., Peña, A., Gomila, M., Mayol, J., Bosch, R., Nogales, B., García-Valdés, E., Bennisar, A. and Lalucat, J. 2013. Draft genome sequence of *Pseudomonas stutzeri* strain B1SMN1, a nitrogen-fixing and naphthalene-degrading strain isolated from wastewater. *Genome Announc.* 1: e00584-13.
- Brunet-Galmés, I., Busquets, A., Peña, A., Gomila, M., Nogales, B., García-Valdés, E., Lalucat, J., Bennisar, A. and Bosch, R. 2012. Complete genome sequence of the naphthalene-degrading bacterium *Pseudomonas stutzeri* AN10 (CCUG 29243). *J. Bacteriol.* 194: 6642-6643.
- Christie-Oleza, J.A., Nogales, B., Martín-Cardona, C., Lanfranconi, M.P., Albertí, S., Lalucat, J. and Bosch, R. 2008. IS*Pst9*, an IS*L3*-like insertion sequence from *Pseudomonas stutzeri* AN10 involved in catabolic gene inactivation. *Int. Microbiol.* 11: 101-10.
- Christie-Oleza, J.A., Fernandez, B., Nogales, B., Bosch, R. and Armengaud, J. 2012a. Proteomic insights into the lifestyle of an environmentally relevant marine bacterium. *ISME J.* 6: 124-135.
- Christie-Oleza, J.A., Piña-Villalonga, J.M., Bosch, R., Nogales, B. and Armengaud, J. 2012b. Comparative proteogenomics of twelve *Roseobacter* exoproteomes reveals different adaptive strategies among these marine bacteria. *Mol. Cell. Proteomics* 11: M111.013110.
- Cladera, A.M., Bennisar, A., Barceló, M., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2004. Comparative genetic diversity of *Pseudomonas stutzeri* genomovars, clonal structure, and phylogeny of the species. *J. Bacteriol.* 186: 5239-5248.
- Cloots, L. and Marchal, K. 2011. Network-based functional modeling of genomics, transcriptomics and metabolism in bacteria. *Curr. Opin. Microbiol.* 14: 599-607.
- Danhom, T., Young, C.R. and DeLong E.F. 2012. Comparison of large-insert, small-insert and pyrosequencing libraries for metagenomic analysis. *ISME J.* 6: 2056-2066.
- Ferrer, C., Cózar, E., García-Valdés, E. and Rotger, R. 1986. IncP-7 naphthalene-degradative plasmids from *Pseudomonas putida*. *FEMS Microbiol. Lett.* 36: 21-25.
- García-Valdés, E., Cozar, E., Rotger, R., Lalucat, J. and Ursing, J. 1988. New naphthalene-degrading marine *Pseudomonas* strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 2478-2485.
- García-Valdés, E., Castillo, M.M., Bennisar, A., Guasp, C., Cladera, A.M., Bosch, R., Engesser, K.H. and Lalucat, J. 2003. Polyphasic characterization of *Pseudomonas stutzeri* CLN100 which simultaneously degrades chloro- and methylaromatics: a new genomovar within the species. *Syst. Appl. Microbiol.* 26: 390-403.
- Ginard, M. 1997. *Organización genómica de Pseudomonas stutzeri y sus implicaciones taxonómicas y evolutivas*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.

- Ginard, M., Lalucat, J., Tümmler, B. and Römling, U. 1997. Genome organization of *Pseudomonas stutzeri* and resulting taxonomic and evolutionary considerations. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47: 132-143.
- Guasp, C., Moore, E.R., Lalucat, J. and Bennasar, A. 2000. Utility of internally transcribed 16S-23S rDNA spacer regions for the definition of *Pseudomonas stutzeri* genomovars and other *Pseudomonas* species. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50: 1629-1639.
- Lalucat, J., Bennasar, A., Bosch, R., García-Valdés, E. and Palleroni, N.J. 2006. Biology of *Pseudomonas stutzeri*. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 70: 510-547.
- Lanfranconi, M.P., Christie-Oleza, J.A., Martín-Cardona, C., Suárez-Suárez, L.Y., Lalucat, J., Nogales, B. and Bosch, R. 2009. Physiological role of NahW, the additional salicylate hydroxylase found in *Pseudomonas stutzeri* AN10. *FEMS Microbiol. Lett.* 300: 265-272.
- Lanfranconi, M.P. 2010. *Functional response of marine microbial communities to diesel pollution*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Lanfranconi, M.P., Bosch, R. and Nogales, B. 2010. Short-term changes in the composition of active marine bacterial assemblages in response to diesel oil pollution. *Microb. Biotechnol.* 3: 607-621.
- Loman, N.J., Constantinidou, C., Chan, J.Z., Halachev, M., Sergeant, M., Penn, C.W., Robinson, E.R. and Pallen, M.J. 2012. High-throughput bacterial genome sequencing: an embarrassment of choice, a world of opportunity. *Nat. Rev. Microbiol.* 10: 599-606.
- Martín-Cardona, C. 2009. *Versatilitat genético-fisiològica en poblacions de Pseudomonas stutzeri AN10 sometidas a estrés químico por salicilato*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Moran, M.A., Belas, R., Schell, M.A., González, J.M., Sun, F., Sun, S., Binderl, B.J., Edmonds, J., Ye, W., Orcutt, B., Howard, E.C., Meile, C., Palefsky, W., Goesmann, A., Ren, Q., Paulsen, I., Ulrich, L.E., Thompson, L.S., Saunders, E. and Buchan, A. 2007. Ecological genomics of marine roseobacters. *Appl. Environ. Microbiol.* 73: 4559-4569.
- Mulet, M., Gomila, M., Gruffaz, C., Meyer, J.M., Palleroni, N.J., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2008. Phylogenetic analysis and siderotyping as useful tools in the taxonomy of *Pseudomonas stutzeri*: description of a novel genomovar. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 58: 2309-2315.
- Mulet, M., Bennasar, A., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2009. An *rpoD*-based PCR procedure for the identification of *Pseudomonas* species and for their detection in environmental samples. *Mol. Cell. Probes.* 23: 140-147.
- Mulet, M., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2010. DNA sequence-based analysis of the *Pseudomonas* species. *Environ. Microbiol.* 12: 1513-1530.
- Mulet, M., David, Z., Nogales, B., Bosch, R., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2011. *Pseudomonas* diversity in crude-oil-contaminated intertidal sand samples obtained after the Prestige oil spill. *Appl. Environ. Microbiol.* 77: 1076-1085.
- Newton, R.J., Griffin, L.E., Bowles, K.M., Meile, C., Gifford, S., Givens, C.E., Howard, E.C., King, E., Oakley, C.A., Reisch, C.R., Rinta-Kanto, J.M., Sharma, S., Sun, S., Varaljay, V., Vila-Costa, M., Westrich, J.R. and Moran, M.A. 2010. Genome characteristics of a generalist marine bacterial lineage. *ISME J.* 4: 784-798.
- Nogales, B., Aguiló-Ferretjans, M.M., Martín-Cardona, C., Lalucat, J. and Bosch, R. 2007. Bacterial diversity, composition and dynamics in and around recreational coastal areas. *Environ. Microbiol.* 9: 1913-1929.
- Palleroni, N.J. and Moore, E.R.B. 2004. *Taxonomy of pseudomonads: experimental approaches*. In: Ramos, J.L. (ed.) *Pseudomonas I. Genomics, Life Style and Molecular Architecture*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY. 3-44.
- Peña, A., Busquets, A., Gomila, M., Bosch, R., Nogales, B., García-Valdés, E., Lalucat, J. and Bennasar, A. 2012. Draft genome of *Pseudomonas stutzeri* strain ZoBell (CCUG 16156), a marine isolate and model organism for denitrification studies. *J. Bacteriol.* 194: 1277-1278.



- Peña, A., Busquets, A., Gomila, M., Mayol, J., Bosch, R., Nogales, B., García-Valdés, E., Bennasar, A. and Lalucat, J. 2013. Draft genome of *Pseudomonas stutzeri* Strain NF13, a nitrogen fixer isolated from the Galapagos Rift hydrothermal vent. *Genome Announc.* 1: e00113-13.
- Piña-Villalonga, J.M. 2012. *Diversidad e importancia ecológica del grupo Roseobacter en aguas costeras sometidas a impacto antropogénico*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Putri, S.P., Nakayama, Y., Matsuda, F., Uchikata, T., Kobayashi, S., Matsubara, A. and Fukusaki, E. 2013. Current metabolomics: practical applications. *J. Biosci. Bioeng.* 115: 579-589.
- Rius, N., Fusté, M.C., Guasp, C., Lalucat, J. and Lorén, J.G. 2001. Clonal population structure of *Pseudomonas stutzeri*, a species with exceptional genetic diversity. *J. Bacteriol.* 183: 736-744.
- Rosselló, R., García-Valdés, E., Lalucat, J. and Ursing, J. 1991. Genotypic and phenotypic diversity of *Pseudomonas stutzeri*. *Syst. Appl. Microbiol.* 14: 150-157.
- Rosselló, R., García-Valdés, E., Macario, A.J.L., Lalucat, J. and Conway de Macario, E. 1992. Antigenic diversity of *Pseudomonas stutzeri*. *System. Appl. Microbiol.* 15: 617-623.
- Rosselló-Mora, R.A., Lalucat, J., Dott, W. and Kämpfer, P. 1994a. Biochemical and chemotaxonomic characterization of *Pseudomonas stutzeri* genomovars. *J. Appl. Bacteriol.* 76: 226-233.
- Rosselló-Mora, R.A., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 1994b. Comparative biochemical and genetic analysis of naphthalene degradation among *Pseudomonas stutzeri* strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 966-972.
- Rosselló-Mora, R.A., Lalucat, J. and Moore, E.R.B. 1996. Strain JM300 represents a new genomovar within *Pseudomonas stutzeri*. *System. Appl. Microbiol.* 19: 596-599.
- Sánchez, D., Mulet, M., Rodríguez, A.C., David, Z., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2014. *Pseudomonas aestusnigri* sp. nov., isolated from crude oil-contaminated intertidal sand samples after the Prestige oil spill. *Syst. Appl. Microbiol.* 37: 89-94.
- Scotta, C., Gomila, M., Mulet, M., Lalucat, J. and García-Valdés, E. 2013. Whole-cell MALDI-TOF mass spectrometry and multilocus sequence analysis in the discrimination of *Pseudomonas stutzeri* populations: three novel genomovars. *Microb. Ecol.* 66: 522-532.
- Sepúlveda-Torres, L.C., Zhou, J., Guasp, C., Lalucat, J., Knaebel, D., Plank, J.L. and Criddle, C.S. 2001. *Pseudomonas* sp. strain KC represents a new genomovar within *Pseudomonas stutzeri*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 51: 2013-2019.
- Sikorski, J., Lalucat, J. and Wackernagel, W. 2005. Genomovars 11 to 18 of *Pseudomonas stutzeri*, identified among isolates from soil and marine sediment. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55: 1767-1770.
- Silby, M.W., Winstanley, C., Godfrey, S.A.C., Levy, S.B. and Jackson, R.W. 2011. *Pseudomonas* genomes: diverse and adaptable. *FEMS Microbiol. Rev.* 35: 652-680.
- Stewart, E.J. 2012. Growing unculturable bacteria. *J. Bacteriol.* 194: 4151-4160.
- Suárez-Suárez, L.Y., Brunet-Galmes, I., Piña-Villalonga, J.M., Christie-Oleza, J.A., Peña, A., Bennasar, A., Armengaud, J., Nogales, B. and Bosch, R. 2012. Draft genome sequence of *Citricella aestuarii* strain 357, a member of the *Roseobacter* clade isolated without xenobiotic pressure from a petroleum-polluted beach. *J. Bacteriol.* 194: 5464-5465.
- Suárez-Suárez, L.Y. 2013. *Caracterización genómica y fisiológica de la capacidad de gradadora de hidrocarburos aromáticos de Citricella aestuarii 357*. Doctoral Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Ursing, J.B., Rossello-Mora, R.A., García-Valdés, E. and Lalucat, J. 1995. Taxonomic note: a pragmatic approach to the nomenclature of phenotypically similar genomic groups. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45: 604.
- Winter, G. and Krömer, J.O. 2013. Fluxomics - connecting 'omics analysis and phenotypes. *Environ. Microbiol.* 15: 1901-1916.
- Yilmaz, S. and Singh, A.K. 2012. Single cell genome sequencing. *Curr. Opin. Biotechnol.* 23: 437-443.



# Differences between demersal fisheries discards: high and low productivity zones of the Northwestern Mediterranean Sea

Aina CARBONELL and Sandra MALLOL

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Carbonell, A. and Mallo, S. 2012. Differences between demersal fisheries discards: high and low productivity in zones of the Northwestern Mediterranean Sea. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 25-45. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Differences in fishery demersal discards in low and high productive marine ecosystems in the North-western Mediterranean were studied. Analyses were carried in three common fishing tactics carried out in different habitats from coastal to slope bottoms. Though clearly out of date (1996-2000 years), data remain useful when formulating comparisons, and simultaneously establishing a temporal reference values of trawling fishing impact. Results revealed discards were strongly positively correlated with the biomass harvested. In the higher productive zone, in Northern Catalonia, discards varied significantly with the season of the year, whereas in the low productive zone, in the Balearic Islands, discards depend on the characteristics of the biocenosis of the bottom substratum. In the coastal and shelf fisheries, the highest average biomass for retained and discards catches were recorded in spring and summer in Northern Catalonia and autumn and winter in the Balearic Islands. In the slope fishery the maximums were recorded in spring in Northern Catalonia and autumn in the Balearic Islands. By fishing tactic and zone, in the Northern Catalonia discards for coastal and shelf were mainly of fish ( $44 \pm 25\%$  and  $25 \pm 12\%$  respectively). This concurs with the fact that in northern Catalonia bigger quantities of pelagic and epi-benthopelagic species with seasonal fluctuations increase in spring and summer. In contrast, in the coastal Balearic fishery discards are more balanced and mainly composed by flora and invertebrate fauna. In the shelf fishery of Balearic Islands, fish represented the higher proportion of discards ( $49 \pm 13\%$ ). For slope fishery ( $28 \pm 17\%$  Balearic Islands and  $22 \pm 14\%$  Northern Catalonia) discards were foremost due to species without commercial value and by-catch fish species of small size. Differences between biotic and abiotic factors have demonstrate importance in discards impacts and are key factors to understand how can be reduced discards. By delimiting areas of complex biocenoses structures and fish recruitment zones, as well sensitive seasons in what discards increases, as accuracy as possible, may allow a new management scenario adapted to each zone of reduced discards.

**Keywords:** *Discards, trawl fishing impact, biodiversity, Northwestern Mediterranean Sea.*

DIFERÈNCIES EN ELS REBUIGS DE LES PESQUES DEMERSALS PER HÀBITAT: COMPARACIÓ ENTRE ZONES AMB ALTA I BAIXA PRODUCTIVITAT EN EL NORDOEST DE LA MAR MEDITERRÀNIA. S'han avaluat les diferències en el rebuig pesquer demersal a ecosistemes marins d'alta i baixa productivitat en el Mediterrani nord occidental. Les anàlisis es varen dur a terme per tres tàctiques pesqueres comunes, realitzades a diferents tipus d'hàbitats des de la zona costera fins al talús. Encara que les dades són clarament antigues (1996-2000 anys), continuen vigents per formular compa-

racions i donar a conèixer valors de referència del rebuig i l'impacte pesquer a la Mediterrània nord-occidental. Els resultats mostren que el rebuig està positivament correlacionat amb la biomassa capturada. A la zona més productiva, a Catalunya nord, l'estacionalitat influència significativament el rebuig, mentre que a les Illes Balears, el rebuig depèn de les característiques de la biocenosi dels substrats a on es pesca. A les pesqueres costera i de plataforma, les majors biomasses promig tant per la fracció retinguda com per al rebuig es varen registrar a la primavera i l'estiu a Catalunya nord i a la tardor i l'hivern a les Illes Balears. Per a la pesquera de talús els màxims es registraren a la primavera per a la Catalunya nord i a la tardor per a les Illes Balears. Per tàctica pesquera, a la Catalunya nord el rebuig coster i de plataforma va ser principalment de peix ( $44 \pm 25\%$  and  $25 \pm 12\%$ ). Això coincideix amb el fet que majors quantitats de peixos pelàgics, i bentopelàgics d'espècies amb fluctuacions estacionals augmenten a la primavera i estiu. En contrast, a les Illes Balears, el rebuig coster va ser més equilibrat al llarg de l'any i compost principalment per flora i fauna d'invertebrats. A la pesquera de plataforma a les illes Balears, el peix va representar la major proporció rebutjada ( $49 \pm 13\%$ ). Per a la pesquera del talús ( $28 \pm 17\%$  Illes Balears i  $22 \pm 14\%$  Catalunya nord) el rebuig va ser principalment d'espècies sense valor comercial i talles petites d'espècies del by-catch de peixos. Les diferències entre els factors biòtics i abiòtics, han demostrat tenir importància en l'impacte del rebuig i són factors clau per entendre com es pot reduir el rebuig. La delimitació de zones de estructures de biocenosis complexes i també de zones de concentració de juvenils de peixos, com delimitació de períodes més sensibles a augments de rebuig, tan acuradament com sigui possible, ens permetrà definir un nou escenari de gestió de la pesquera demersal amb rebuig reduït.

**Paraules clau:** rebuigs, impacte pesquer, biodiversitat, Mar Mediterrània nordoccidental.

*Aina CARBONELL and Sandra MALLOL, Centre Oceanogràfic de les Balears, Instituto Español de Oceanografía, Moll de Ponent s/n, 07015 Palma de Mallorca, e-mail: ana.carbonell@ba.ieo.es ; sandra@ba.ieo.es*

*Recepció del manuscrit: 6-mar-12; revisió acceptada: 22-mai-12*

## Introduction

Fishery discards and by-catch information have gained importance in assessing the impact of fishing and in fisheries management (Hobday *et al.*, 2011). Quantitative descriptions of size and species composition, and biodiversity based on catch rates have recently become a major tool to reflect how underlying factors impact on fishing (Murawski *et al.*, 2010).

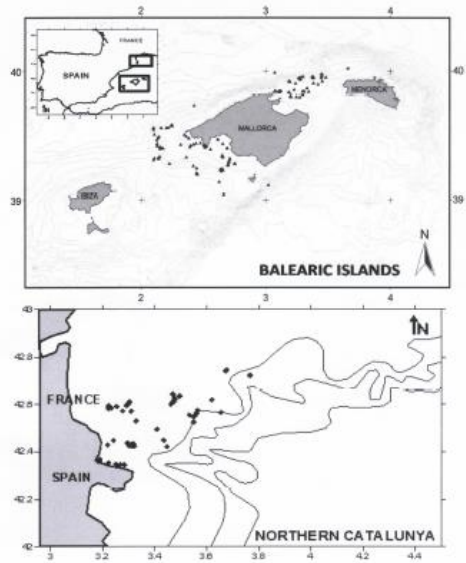
Fishing activity affects epibenthic communities in many different ways. Fishing acts as a predator, altering mortality

and indiscriminately affecting both target and non-target species. Fishing increases mortality of juveniles (Bianchi *et al.*, 2000), modify demographic structure (Stenseth and Rouyer, 2008), alter predator-prey interaction and competitiveness (Blanchard, 2001) and trophic webs (Hooper *et al.*, 2005). In this context, discards, the part of the catch that is returned to the sea, represent a waste of the sea marine production. Depending on the dynamics of each fishery, there is a wide range of discards due to the different properties of biodiversity and productivity in each zone

(Carbonell *et al.*, 1998; Machias *et al.*, 2001; Mallol, 2005).

For Western and Eastern Mediterranean discards fluctuated between 20% to 70% of the total catch (including flora) according to area and fishing tactic (Carbonell *et al.*, 1998; Machias *et al.*, 2001; Mallol, 2005). Discards vary widely by species according to the dynamics and species characteristics (biological cycle, sizes, fecundity, abundance, densities, etc.). Discards, both quantitatively and qualitatively, should be evaluated per fishing tactic in order to elucidate the factors determining the causes of discards. Species abundance and assemblages fluctuate at various scales in responses of changes in physical and biological processes, and these fluctuations produce variation in discards rates. A comprehensive analysis and a comparison of fishing discards in different zones linking the environment and biological process to the impact of fishing may help to develop new management schemes.

This paper presents two case-studies of the Northwestern Mediterranean focussing on biomass, abundance, and biodiversity measures of both retained and discarded fractions from one recognized oligotrophic temperate area, the Balearic Islands (Jansà *et al.*, 1998), and from a productive upwelling system off Northern Catalonia (Boucher *et al.*, 1987; Estrada and Margalef, 1988). These two studies were carried out in the mid and late nineties, without overlapping periods at a time when the fishing effort was higher (Rochet *et al.*, 2010), decreasing thereafter from the mid nineties due to incentives for the decommissioning of boats. Gross tonnage control in the Mediterranean trawler fleets was established, albeit unsuccessfully, as the main management regulation tool. Though clearly out of date, these data remain useful when formulating comparisons, whilst si-



**Fig. 1.** Map of studied zones.

*Fig. 1. Mapa de les zones estudiades.*

multaneously establishing a temporal reference in trawler fishing impact.

## Material and Methods

### Study areas and data collection

The study was conducted in the Northwestern Mediterranean (Fig 1, Table 1) in the Balearic Islands (hereafter named BI) and Northern Catalonia (hereafter named NC). The fleets studied were similar in number, boat length, and engine horse power (28 Majorcan (BI) and 26 NC boats). Vessel lengths ranged between 16 and 24 m, and the corresponding fishing gear was a trawl net between 60 and 100 m with a vertical opening ranging from 1 to 3 m. The trawls had diamond net cod-ends of 40 mm mesh opening and were rigged with two doors between 200 and 500 kg. Fishing activity involves daily trips in the proximity of harbours. However, in NC, the shelf

width and inclement weather hindered fishing over the slope, which was subsequently less sampled.

Fishing tactics were depth-stratified in both zones, which is the major factor in the structuring marine communities and target species. Discard sampling periods studied were between March 1994 and September 1996 for BI and between March 1998 and March 2000 for NC. Sampling was carried out by observers on-board commercial trawlers. All sampling activities were conducted without impeding or obstructing any of the crew's tasks. A stratified random sampling design was used. The sampling protocol was developed in accordance with ICES protocols (Pérez *et al.*, 1996; ICES, 1999) and is comparable to the EC data collection regulation (DCR EC No 1543/2000). Discards in this study follow the flora-exclusive FAO definition (1996). Data gathered include: fishing ground location, haul duration, catch in numbers and weight by species sorted into commercialized and discarded fractions. Once decked, the haul was sampled during sorting into commercial and discarded categories to obtain data on weight and number.

#### **Data procedure and statistical analysis**

Data on catch species composition per haul were standardized to hourly yields as a proxy for biomass ( $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) and abundance ( $\text{N}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Ninety per cent of the trawl fishery was represented by three fishing tactics: "coastal", "shelf and shelf-break (hereafter named shelf)", and "slope". The remainder tactics are a combination of the former, their importance was very low in the period studied and not considered for the study.

Catch and discard by biomass and abundance of species caught by different fishing tactics were studied according to the following categories: a) target species: defined as the objective for the fishery due to their commercial value and fished with significant profitable yields (defined in this study as up to  $5 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$  for fishes and crustaceans, with null or generally low discards); b) common by-catch: species common to both zones, fished in significant quantities and landed with the target species, partially discarded or common species completely discarded; and c) uncommon by-catch: fraction of the catch, fished in significant quantities in each zone, landed with the target species, but partially or completely discarded.

	<b>Balearic Islands (GSA 5)</b>			<b>Gulf of Lions (GSA 7)</b>		
Latitude	37.1782° N	40.1016° N		43.1000° N	42.7000° N	
Longitude	2.0000° E	3.5106° E		2.4400° E	4.3000° E	
Years	1994-1996			1998 -2000		
Depth (m)	50 - 161.98	63.70 - 364	374 - 787	50 - 150	90 - 415	300 - 600
Mesh size	40 mm			40 mm		
Assemblages	Coastal	Shelf	Slope	Coastal	Shelf	Slope
Num. hauls	49	39	40	46	17	5
Weight (kg)	7211.05	3616.63	952.15	23115.05	5254.12	485.93
N	46818	73214	18107	842067	202900	11508

**Table 1.** Sampling effort by zone Balearic Islands and Northern Catalonia. No hauls (Number of hauls sampled); Weight kg= Sampling weight; N (Number of individuals sampled).

**Taula 1.** Esforç de mostreig a les zones de les Illes Balears i el Nord de Catalunya. Num. Hauls (nombre de calades); Weight kg= massa captures; N (nombre d'individus mostrejats).

The univariate community descriptors of each species were average biomass ( $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) and abundance ( $\text{N}\cdot\text{h}^{-1}$ ) with their respective coefficient of variation (CV) from mean and standard error estimated by the statistical resampling bootstrap technique (Efron and Tibshirani, 1993). Analyses were performed using the R computing programme (R Development Core Team, 2010), and the discard ratio was estimated as a percentage of the total catch of each species.

### ***Species composition: biodiversity indices and trophic level***

Species data were analyzed by conversion into various calculated biodiversity indices split into: 1) Number of species: richness of species (S) and Margalef's richness index (d) (Margalef, 1968). 2) Heterogeneous indices combining richness and evenness properties: Shannon-Wiener biodiversity index ( $H'\log_e$ ) (Shannon, 1948), Pielou's evenness index ( $J'$ ) (Pielou, 1975), Simpson's index (Simpson, 1949). 3) Taxonomic biodiversity indices sensitive to hierarchical community structure: taxonomic distinctiveness  $\Delta^*$  quantitative data and average taxonomic biodiversity  $\Delta^+$  presence/absence data (Warwick and Clarke, 2001). The estimations were made using the set of all species identified in each fishing tactic. Indices were calculated for each sample, and mean values for each fishing tactic and zone were calculated. Comparisons of indices were made between each fishing tactic and zone by means of Spearman's rank correlation matrix (Merigot *et al.*, 2007).

$k$ -dominance abundance-biomass curves (ABC curves) by fishing tactic were investigated for significant differences in the dominance patterns of fishing impact in each area (Warwick and Clarke, 1994). All

analyses were performed using PRIMER v 6.1 analytical package (Clarke and Gorley, 2006).

Stable isotope analysis to estimate the mean trophic levels of the 25 more abundant species per fishing tactic were calculated. Trophic level (TL) values for each species were obtained from the data gathered by Pinnegar *et al.* (2003) for the Western Mediterranean.

Data were weighted to the average yield and abundance values of species, and summed up to calculate the mean trophic yields and abundances and their correspondent standard deviation (SD). We assigned level 2 for the unknown trophic level of invertebrate species (mainly feeders and grazers).

### ***Seasonal analysis of the retained and discarded yields***

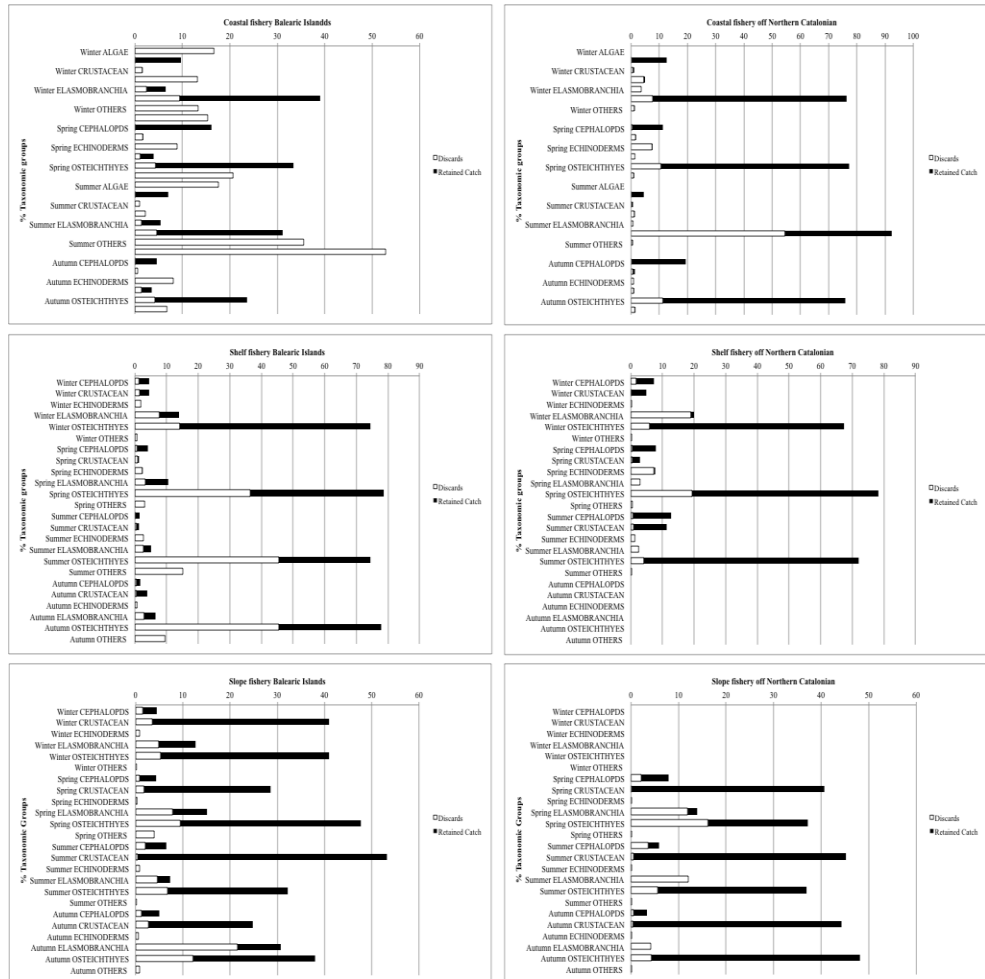
A redundancy analysis (RDA) based on the correlation matrix enabled the partition of the variation of response variables of interest as lineal combinations of a subset of explanatory variables summarized by the depth vector as an overall depth vertical structured variable; season as a measure of intra-annual variability, the North Atlantic Oscillation (NAO) seasonal index (Hurrell, 1995) as an overall climatic influence throughout the period studied; the Shannon species biodiversity (H) as a vector synthesizing species richness; the Taxonomic distinctiveness (D) as a measure of complexity of biocenoses structures; and total biomass ( $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) as a measure of ecosystem productivity. Analysis were performed for each zone, by running RDA using CANOCO 4 (ter Braak & Smilauer, 1998) and the stats and mgcv packages of R (R Development Core Team, 2010). After the maximum explanatory power was reached, all non-significant terms were removed.

## Results

### *Species composition. Biomass and abundance*

In both areas, the retained fraction was composed of species mainly belonging to four taxonomic groups (chondrichthian and

osteichthian fishes, crustaceans and cephalopods). For the coastal BI the most important discarded categories were invertebrate groups such as sponges, equinoderms, tunicates and ascidians, whereas in NC the osteichthians were the most retained and discarded category,



**Fig. 2.** Seasonal percentage of biomass by taxonomic groups and by retained and discard catch for Balearic Islands and off Northern of Catalanian for each fishing tactic (coastal, shelf, and slope).

**Fig. 2.** Percentatge estacional en biomassa per grup taxonòmic per a la captura retinguda i rebutjada per a les Illes Balears i Catalunya nord per a cadascuna de les tàctiques pesqueres (costera, de plataforma i talús).



Code	Species	Balearic Islands (kg · h <sup>-1</sup> )			Northern Catalonia (kg · h <sup>-1</sup> )		
		Mean	CV	% Discard	Mean	CV	% Discard
TARGET SPECIES (> 5kg h <sup>-1</sup> )							
P16	<i>Eledone cirrhosa</i>				6.70	18.66	0.001
P8	<i>M. merluccius</i>				16.23	7.95	0.02
P13	<i>M. surmuletus</i>	6.74	14.39	1%			
P7	<i>S. smaris</i>	6.92	21.53	12%			
COMMON BY-CATCH							
P9	<i>B. boops</i>	2.15	24.19	98%	1.33	30.83	24%
P16	* <i>Eledone moschata</i>	2.14	81.31	0%	0.69	31.88	0%
P11	<i>L. vulgaris</i>	1.63	22.70	1%	1.22	25.41	1%
P12	<i>M. barbatus</i>	2.91	26.12	1%	1.78	17.42	1%
P14	* <i>Octopus vulgaris</i>	4.93	34.48	0%	0.57	47.37	0.35%
P15	<i>P. acarne</i>	1.99	12.06	29%	0.96	106.25	0.21%
P5	* <i>Sardina pilchardus</i>	2.27	12.78	41%	29.00	81.38	84%
P4	<i>S. canicula</i>	4.28	30.37	25%	2.21	18.10	67%
P6	<i>T. mediterraneus</i>	3.31	19.34	50%	2.25	25.78	12%
REST OF 25 MORE ABUNDANT SPECIES							
Fish + invertebrates		14.12	22.24	47%	42.30	10.78	20%
Total 25 most abundant species		50.31	10.73	42%	81.21	30.02	57%
Total general 100%		106.89	8.69	46%	147.51	24.85	44%
Code	Species	Balearic Islands (N · h <sup>-1</sup> )			Northern Catalonia (N · h <sup>-1</sup> )		
		Mean	CV	% Discard	Mean	CV	% Discard
TARGET SPECIES (> 5kg h <sup>-1</sup> )							
P16	<i>Eledone cirrhosa</i>				33.96	12.60	2%
P8	<i>M. merluccius</i>				236.30	9.25	19%
P13	<i>M. surmuletus</i>	110.50	21.86	0.47%			
P7	<i>S. smaris</i>	428.00	16.97	11%			
COMMON BY-CATCH							
P9	<i>B. boops</i>	91.00	31.52	98%	5.07	34.32	22%
P16	* <i>Eledone moschata</i>	7.00	89.86	0%	2.79	6.45	1%
P11	<i>L. vulgaris</i>	15.00	19.87	0%	1.64	112.20	0%
P12	<i>M. barbatus</i>	162.00	21.24	4%	46.76	14.33	4%
P14	* <i>Octopus vulgaris</i>	--	--	0%	1.07	34.58	0%
P15	<i>P. acarne</i>	129.53	22.68	13%	6.58	59.42	2%
P5	* <i>Sardina pilchardus</i>	89.15	57.87	53%	1304.11	44.83	72%
P4	<i>S. canicula</i>	29.41	26.15	22%	10.25	27.41	97%
P6	<i>T. mediterraneus</i>	69.84	28.82	49%	132.55	26.11	18%
REST OF 25 MORE ABUNDANT SPECIES							
Fish + invertebrates		80.86	19.60	28%	1467.58	43.89	62%
Total 25 most abundant species		800.20	11.42	25%	3287.41	26.67	68%
Total general 100%		1105.23	9.69	37%	4540.55	23.50	64%

**Table 2.** Coastal fishery. Mean Total biomass (kg · h<sup>-1</sup>) and abundance (N · h<sup>-1</sup>) of the target, common by-catch and 25 main abundant species per fishing strategy. SD = Standard Deviation, CV = Coefficient of Variation, % Discard = percentage of discards in weight and number.

**Taula 2.** Pesca costanera. Mitjana de la biomassa (kg · h<sup>-1</sup>) i abundància (N · h<sup>-1</sup>) de les espècies indicadores, comunes per captura i les 25 espècies més abundants en funció de l'estratègia de pesca. SD = Desviació estàndard, CV = Coeficient de variació, % Discard = percentatge de descart en pes i nombre.

both in weight and abundance, for the coastal and shelf fisheries. In addition, in the NC coastal fishery crinoids colonies (*Leptometra phalagium*), in soft sandy-muddy bottoms where juvenile of hake recruit support fishery impact being discarded in big quantities. Crustaceans were the most important retained fraction in the slope fishery, both in weight and abundance, whilst chondrichthians and osteichthians were the main discarded fraction in this fishery for both areas (Fig. 2).

Percentage composition of landed and discarded fractions by target, common by-catch, and uncommon by-catch of the 25 most abundant species are shown in Tables 2, 3 and 4 by each fishing tactic and zone in biomass and abundance.

In the coastal fishery, between 10% and 11% of the total number of species accounted for 82% and 94% of the total biomass caught in the BI and NC, respectively (Table 2). Target species red mullet (*Mullus barbatus*) in BI and Horned octopus (*Eledone cirrhosa*) in NC presented similar biomass and abundance and discards under 2%; whereas species forming dense shoals like juveniles of hake (*Merluccius merluccius*) in NC, picarel (*Spicara smaris*) in BI and Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) in both zones, were discarded between 10% and 50% of their total biomass.

In the shelf fishery by the total number of species 12% and 13% accounted for 79% and 94% of the total biomass caught in the BI and NC, respectively (Table 3). They were significant differences between the two zones in space distribution for blue whiting (*Micromesistius poutassou*), greater forkbeard (*Phycis blennoides*), blackmouth catshark (*Galeus melastomus*), silvery pout (*Gadiculus argenteus*) and rockfish (*Helicolenus dactylopterus*), which preeminently

have been located in the shelf in NC, but in the slope in the BI. In this fishery discards were predominantly of fish. Discards of the European hake were between 2 and 3% in biomass, but between 20 and 30% in abundance and corresponded to specimens below commercial size. Other important by-catch was blue whiting fished in low quantities, almost completely discarded in BI, whereas in NC is considered a target species, reaching high biomass, but with greater discards than others target species.

In the slope community (Table 4) the 25 most abundant species represented 22% and 26% of the total number of species, and 79% and 94% of the total biomass in the BI and NC, respectively. Red shrimp, the target species presented discards lesser than 1%, both in weight and number. Discards largely corresponded to species without commercial value and juveniles of by-catch species such as greater forkbeard and blue whiting.

### **Species composition biodiversity indices**

A total of 270 and 237 species were caught in the coastal fishery of the BI and NC, respectively. Of these species, 96 and 61 were landed, and 174 and 176 were totally discarded in each zone. For the shelf fishery 213 and 188 species were caught by the BI and NC, respectively. Of these, 89 and 58 were landed and partially discarded, while the rest were completely discarded. In the slope fishery, 112 species were collected in the BI and 97 in the NC. Of these, 65 and 14 were landed and partially discarded, while the remainder was totally discarded. Species biodiversity indices (Table 5) showed a general trend of higher values for all indices in NC fisheries, except for the taxonomic biodiversity index ( $\Delta^+$ ), which was higher in the Balearic coastal fishery. The predominant pattern of biodiversity decreased with depth.

Spearman correlation coefficients (Table 6) provided a basis for grouping the 7 species biodiversity indices studied into 3 components of biodiversity: (1) number of species (S and d), (2) evenness and richness ( $J'$ ,  $H'$ ,  $1-\lambda'$ ) and (3) taxonomic indices.

Code	Species	Balearic Islands (kg · h <sup>-1</sup> )			Northern Catalonia (kg · h <sup>-1</sup> )		
		Mean	CV	% Discard	Mean	CV	% Discard
TARGET SPECIES (> 5kg h <sup>-1</sup> )							
P8	<i>M. merluccius</i>	9.62	3%	6.60	29.55	2%	0.001
P22	<i>M. poutassou</i>			27.17	20.28	43%	0.02
P23	<i>N. norvegicus</i>	-	-	1.41	66.67	0.14%	
COMMON BY-CATCH							
P17	<i>A. sphyraena</i>	3.80	76.32	72%	0.39	33.33	2%
P19	* <i>Lepidopus caudatus</i>	18.90	113.28	100%	0.91	73.63	7%
P18	<i>L. boscii</i>	3.80	20.26	6%	1.61	14.29	7%
P21	<i>L. budegassa</i>	2.18	24.77	21%	3.05	18.69	1%
P20	<i>L. cavillone</i>	2.59	25.48	76%	0.14	78.57	14%
P22	<i>M. poutassou</i>	7.46	93.57	5%			
P4	<i>S. canicula</i>	13.83	35.00	46%	1.21	55.37	100%
P6	<i>T. mediterraneus</i>	20.86	17.74	19%	0.46	52.17	0%
REST OF 25 MORE ABUNDANT SPECIES							
Fish + invertebrates		42.41	16.34	71%	18.81	12.92	26%
Total 25 most abundant species		57.48	22.15	31%	71.40	12.16	28%
Total general 100%		101.07	12.81	39%	121.28	12.36	25%
Code	Species	Balearic Islands (N · h <sup>-1</sup> )			Northern Catalonia (N · h <sup>-1</sup> )		
		Mean	CV	% Discard	Mean	CV	% Discard
TARGET SPECIES (> 5kg h <sup>-1</sup> )							
P8	<i>M. merluccius</i>	107.99	15.67	20%	67.46	45.70	31%
P22	<i>M. poutassou</i>				781.04	24.32	91%
P23	<i>N. norvegicus</i>				99.98	25.22	0.26%
COMMON BY-CATCH							
P17	<i>A. sphyraena</i>	560.81	83.86	59%	9.89	35.49	11%
P19	* <i>Lepidopus caudatus</i>	1555.91	32.49	100%	9.68	37.60	60%
P18	<i>L. boscii</i>	10.48	18.61	13%	24.05	22.33	49%
P21	<i>L. budegassa</i>	5.40	37.04	58%	8.62	22.97	28%
P20	<i>L. cavillone</i>	65.77	19.63	84%	25.20	21.59	10%
P22	<i>M. poutassou</i>	10.40	1248.94	6%			
P4	<i>S. canicula</i>	61.19	36.39	92%	45.19	31.47	100%
P6	<i>T. mediterraneus</i>	87.17	27.20	42%	6.03	67.99	0%
REST OF 25 MORE ABUNDANT SPECIES							
Fish + invertebrates		740.17	34.60	54%	2134.61	31.33	89%
Total 25 most abundant species		983.18	47.14	60%	3269.31	21.69	40%
Total general 100%		1776.64	26.29	60%	5907.76	20.63	40%

**Table 3.** Shelf fishery. Mean Total biomass (kg · h<sup>-1</sup>) and abundance (N · h<sup>-1</sup>) of the target, common by-catch and 25 main abundant species per fishing strategy. SD = Standard Deviation, CV = Coefficient of Variation., % Discard = percentage of discards in weight and number.

**Taula 3.** Pesca de plataforma. Mitjana de la biomassa (kg · h<sup>-1</sup>) i abundància (N · h<sup>-1</sup>) de les espècies indicadores, comunes per captura i les 25 espècies més abundants en funció de l'estratègia de pesca. SD = Desviació estàndard, CV = Coeficient de variació., % Discard = percentatge de descart en pes i nombre.

Code	Species	Balearic Islands (kg · h <sup>-1</sup> )			Northern Catalonia (kg · h <sup>-1</sup> )		
		Mean	CV	% Discard	Mean	CV	% Discard
TARGET SPECIES (> 5kg h <sup>-1</sup> )							
P24	<i>A. antennatus</i>	5.06	10.28	0%	5.21	25.53	0%
COMMON BY-CATCH							
P25	<i>C. conger</i>	0.23	21.74	22%	0.42	69.05	2%
P26	<i>Etmopterus spinax</i>	0.10	20.00	100%	0.22	27.27	100%
P27	<i>G. melastomus</i>	2.12	20.28	84%	1.05	48.57	70%
P19	<i>L. caudatus</i>	0.36	55.56	100%	0.11	27.27	100%
P18	<i>L. boscii</i>	1.04	19.23	6%	0.04	150.00	0%
P21	<i>L. budegassa</i>	1.13	32.74	2%	0.69	89.86	0.14%
P28	<i>L. crocodilus</i>	0.20	20.00	100%	0.64	45.31	100%
P8	<i>M. merluccius</i>	1.05	19.05	0%	0.97	30.93	0.10%
P22	<i>M. poutassou</i>	2.26	24.34	0%	0.34	23.53	2%
	<i>N. aequalis/</i>						
P29	<i>sclerorhynchus</i>	0.25	20.00	100%	0.04	50.00	100%
P31	<i>P. blennoides</i>	3.18	15.09	8%	1.55	14.84	4%
P30	<i>P. cuvieri</i>	0.37	13.51	4%	0.10	40.00	0%
P4	* <i>S. canicula</i>	0.68	164.71	41%	0.04	100.00	100%
P32	<i>T. sagittatus</i>	0.75	26.67	5%	0.16	50.00	4%
REST OF 25 MORE ABUNDANT SPECIES							
Fish + invertebrates		10.39	21.17	35%	1.25	15.20	34%
Total 25 most abundant species		21.12	12.88	20%	10.37	14.18	25%
Total general 100%		20.67	16.69	28%	12.22	14.41	22%
Code	Species	Balearic Islands (kg · h <sup>-1</sup> )			Northern Catalonia (kg · h <sup>-1</sup> )		
		Mean	CV	% Discard	Mean	CV	% Discard
TARGET SPECIES (> 5kg h <sup>-1</sup> )							
P24	<i>A. antennatus</i>	230.51	16.01	0%	86.38	18.19	0%
COMMON BY-CATCH							
P25	<i>C. conger</i>	0.69	50.72	58%	2.20	29.55	3%
P26	<i>Etmopterus spinax</i>	3.57	22.41	91%	2.86	25.52	100%
P27	<i>G. melastomus</i>	26.42	26.19	78%	5.96	33.56	91%
P19	<i>L. caudatus</i>	3.89	89.97	100%	0.88	44.32	100%
P18	<i>L. boscii</i>	4.74	25.74	14%	1.02	38.24	13%
P21	<i>L. budegassa</i>	0.91	28.57	14%	0.32	90.63	0%
P28	<i>L. crocodilus</i>	14.49	26.92	100%	41.00	39.41	100%
P8	<i>M. merluccius</i>	1.87	39.04	5%	0.89	33.71	15%
P22	<i>M. poutassou</i>	19.86	24.32	2%	5.07	24.46	4%
	<i>N. aequalis/</i>						
P29	<i>sclerorhynchus</i>	5.92	46.28	100%	4.96	51.21	100%
P31	<i>P. blennoides</i>	39.35	21.63	35%	13.21	32.10	22%
P30	<i>P. cuvieri</i>	0.92	4.35	13%	0.02	100.00	0%
P4	* <i>S. canicula</i>	21.88	40.68	47%	0.11	100.00	100%
P32	<i>T. sagittatus</i>	1.25	16.00	21%	0.36	47.22	11%
REST OF 25 MORE ABUNDANT SPECIES							
Fish + invertebrates		133.72	21.78	42%	103.29	30.38	22%
Total 25 most abundant species		373.14	11.78	30%	289.24	16.37	33%
Total general 100%		456.29	15.19	29%	292.57	46.25	38%

**Table 4.** Slope fishery. Mean Total biomass (kg · h<sup>-1</sup>) and abundance (N · h<sup>-1</sup>) of the target, common by-catch and 25 main abundant species per fishing strategy. SD = Standard Deviation, CV = Coefficient of Variation, % Discard = percentage of discards in weight and number.

**Taula 4.** (página anterior) Pesca de talús. Mitjana de la biomassa ( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ) i abundància ( $N \cdot \text{h}^{-1}$ ) de les espècies indicadores, comunes per captura i les 25 espècies més abundants en funció de l'estratègia de pesca. SD = Desviació estàndard, CV = Coeficient de variació., % Discard = percentatge de descart en pes i nombre.

The Spearman rank correlation matrix for each data set split the indices into two groups: a first group showed high correlation of species indices, and evenness indices and among them ( $R^2 =$  between 0.84 and 0.92), while the second group differentiated indices that corresponded to the taxonomic descriptors ( $R^2 =$  between 0.36 and 0.52). Spearman rank correlation

confirmed that primary indices were weakly correlated with taxonomic indices ( $R^2 =$  between -0.04 and -0.20). Index values revealed that high biodiversity corresponded to hauls where numerous taxonomic groups were present, or alternatively hauls where fish species in number and abundance predominate in the catches.

Balearic Islands			
1994-1996	Coastal	Shelf	Slope
Fishery depth m.	38 - 162	64 - 364	374 - 787
S	70.33 ( $\pm 11.70$ )	57.71 ( $\pm 11.07$ )	52.8 (2.95)
d	6.20 ( $\pm 1.67$ )	5.74 ( $\pm 1.37$ )	5.76 ( $\pm 1.58$ )
J'	0.57 ( $\pm 0.15$ )	0.64 ( $\pm 0.10$ )	0.48 ( $\pm 0.17$ )
H'	2.17 ( $\pm 0.60$ )	2.37 ( $\pm 0.39$ )	1.72 ( $\pm 0.68$ )
1- $\lambda'$	0.76 ( $\pm 0.18$ )	0.84 ( $\pm 0.097$ )	0.66 ( $\pm 0.22$ )
$\Delta^*$	90.11 ( $\pm 8.26$ )	81.64 ( $\pm 7.34$ )	83.51 ( $\pm 8.07$ )
$\Delta^+$	91.69 ( $\pm 2.67$ )	88.72 ( $\pm 3.14$ )	90.42 ( $\pm 1.18$ )
TL <sub>Biomass</sub>	2.93 ( $\pm 0,30$ )	3.53 ( $\pm 0,16$ )	3.70 ( $\pm 0,13$ )
TL <sub>Abundance</sub>	3,45 ( $\pm 0,21$ )	3.34 ( $\pm 0,14$ )	3.64 ( $\pm 0,11$ )
Northern Catalonia			
1998- 2000			
Fishery depth m.	50 - 150	90 - 415	300 - 600
S	46.56 ( $\pm 11.10$ )	40.93 ( $\pm 8.73$ )	36.80 ( $\pm 10.05$ )
d	14.15 ( $\pm 2.04$ )	12.53 ( $\pm 2.09$ )	9.33 (0.90)
J'	0.91 ( $\pm 0.015$ )	0.90 ( $\pm 0.020$ )	0.57 (0.04)
H'	3.89 ( $\pm 0.19$ )	3.65 ( $\pm 0.20$ )	2.25 (0.15)
1- $\lambda'$	0.98 ( $\pm 0.005$ )	0.98 ( $\pm 0.006$ )	0.80 (0.03)
$\Delta^*$	92.65 ( $\pm 1.11$ )	91.06 ( $\pm 1.90$ )	87.48 (4.10)
$\Delta^+$	90.91 ( $\pm 1.44$ )	92.01 ( $\pm 1.90$ )	90.66 (1.27)
TL <sub>Biomass</sub>	3.09	2.85	3.55
TL <sub>Abundance</sub>	3.51	3.59	3.70

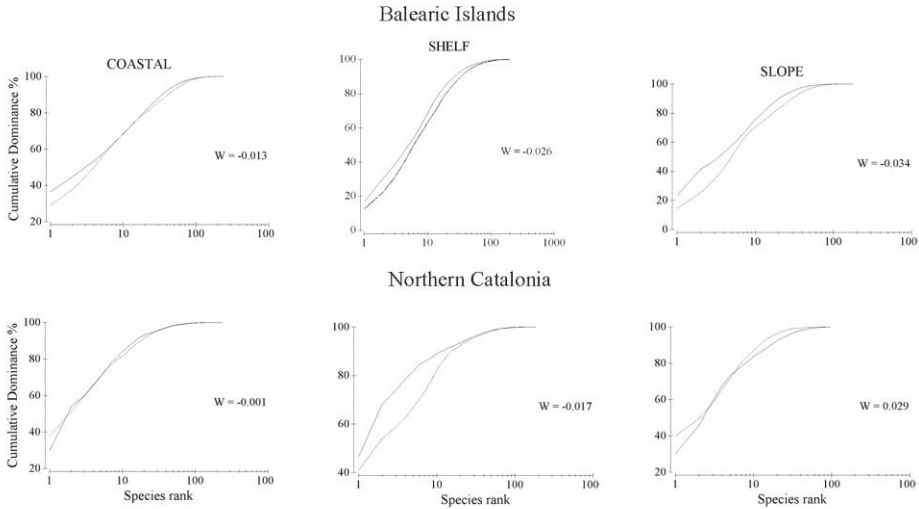
**Table 5.** Diversity indices for the Balearic Islands and Northern Catalonia (Gulf of Lion). S = average number of species by haul; d = Margalef index (Richness); J' = Pielou index (Evenness); H' ( $\log e$ ) = Shannon and Wiener index (Diversity index); 1- $\lambda'$  = Simpson index;  $\Delta^*$  = Taxonomic Distinctness; TL = Trophic Level.

**Table 5.** Índex de biodiversitat de les Illes Balears i el Nord de Catalunya (Golf de Lleó). S = mitjana del nombre d'espècies per captura; d = index de Margalef (riqueza); J' = index de Pielou (uniformitat); H' ( $\log e$ ) = index de Shannon i Wiener (index de diversitat); 1- $\lambda'$  = index de Simpson;  $\Delta^*$  = Diferència taxonòmica; TL = nivell tròfic.

BALEARIC ISLANDS							
GROUP A	S	d	J'	H'	1-λ'	Δ <sup>+</sup>	Δ*
S	1.00						
d	0.84	1.00					
J'	0.04	0.18	1.00				
H'	0.41	0.47	0.90	1.00			
1-λ'	0.28	0.34	0.88	0.92	1.00		
Δ <sup>+</sup>	-0.31	-0.29	-0.34	-0.44	-0.47	1.00	
Δ*	0.36	0.54	<b>-0.20</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.15</b>	0.23	1.00
GROUP B							
S	1.00						
d	0.86	1.00					
J'	-0.21	<b>0.05</b>	1.00				
H'	0.22	0.40	0.88	1.00			
1-λ'	<b>0.05</b>	0.24	0.92	0.95	1.00		
Δ <sup>+</sup>	0.16	<b>0.09</b>	-0.17	<b>-0.10</b>	-0.16	1.00	
Δ*	0.52	0.39	-0.39	<b>-0.10</b>	<b>-0.12</b>	0.29	1.00
GROUP C							
S	1.00						
d	0.84	1.00					
J'	0.42	0.44	1.00				
H'	0.55	0.54	0.98	1.00			
1-λ'	0.50	0.49	0.98	0.98	1.00		
Δ <sup>+</sup>	<b>0.03</b>	0.15	0.31	0.29	0.23	1.00	
Δ*	0.33	0.37	0.31	0.35	0.33	0.14	1.00
NORTHERN CATALONIA							
GROUP A	S	d	J'	H'	1-λ'	Δ <sup>+</sup>	Δ*
S	1.00						
d	0.94	1.00					
J'	0.52	0.67	1.00				
H'	0.63	0.76	0.98	1.00			
1-λ'	0.52	0.65	0.98	0.97	1.00		
Δ <sup>+</sup>	-0.20	-0.21	-0.28	-0.31	-0.33	1.00	
Δ*	0.32	0.25	<b>0.07</b>	<b>0.13</b>	<b>0.08</b>	-0.30	1.00
GROUP B							
S	1.00						
d	0.83	1.00					
J'	0.30	0.59	1.00				
H'	0.38	0.62	0.99	1.00			
1-λ'	0.32	0.56	0.98	0.99	1.00		
Δ <sup>+</sup>	0.14	<b>0.01</b>	-0.48	-0.43	-0.47	1.00	
Δ*	0.11	<b>0.04</b>	-0.12	<b>-0.07</b>	<b>-0.12</b>	0.14	1.00
GROUP C							
S	1.00						
d	0.37	1.00					
J'	-0.58	0.30	1.00				
H'	-0.37	0.60	0.90	1.00			
1-λ'	-0.95	-0.50	0.30	<b>0.10</b>	1.00		
Δ <sup>+</sup>	0.21	0.80	<b>0.00</b>	0.40	-0.20	1.00	
Δ*	0.32	<b>-0.10</b>	-0.60	-0.70	<b>-0.10</b>	<b>-0.10</b>	1.00

**Table 6.** Spearman rank correlation coefficients calculated between all species' diversity descriptors considered. All correlations are significant with  $p < 0.05$ , except for values in bold. The Spearman coefficient distribution under null hypothesis was approximated by a normal distribution with mean equal to 0 and standard deviation equal to  $1/\sqrt{(n+1)}$ .

**Taula 6.** (pàgina anterior) Coeficients de correlació d'Sperman entre espècies i els descriptors considerats. Totes les correlacions són significatives amb una  $p < 0.05$ , excepte per als valors en negreta. La distribució dels coeficients d'Spearman sota la hipòtesi nul·la és aproximadament una distribució normal amb la mitjana igual a 0 i la desviació standard igual a  $1/\sqrt{(n+1)}$ .



**Fig. 3.** *k*- Dominance accumulative curves (abundance-biomass) per species of Balearic Islands and off Northern Catalonia by each fishing tactics.

**Fig. 3.** *k*- Corbes de dominància acumulativa (abundància-biomassa) a les Illes Balears i a Catalunya nord per a cadascuna de les tàctiques pesqueres.

Richness and evenness biodiversity estimates calculated in this study for the two zones showed small differences between more and less productive zones. A comparison of the number of species indicated a greater absolute biodiversity for the BI, with a major number of different species and taxonomic groups, whilst in NC the major abundances of a great number of species gave estimations of higher richness and evenness indices. Comparing the two areas, the taxonomic distinctness (higher for coastal fishery in the BI and for shelf fishery in NC) appeared slightly negatively related to discards.

The trophic level was similar for the more abundant captured species in both zones, in all likelihood more related to the

fishery's preference of species than to the trophic level of the exploited communities. Even if there are several limitations to assigning a single trophic level by species, without taking into account that trophic levels are size-dependent, here the comparison was possible because in both areas the Mediterranean trawl harvest the youngest fish ages (mainly ages 0+, 1+).

The *k*-dominance curves (Fig. 3) showed that the proximity of abundance and biomass curves indicated a very moderate disturbance for coastal fisheries ( $W = -0.01$  and  $-0.001$  for the BI and NC respectively). Shelf fisheries displayed slightly higher negative values of *W* statistics in both zones ( $W = -0.026$ , and  $-0.017$ ); after removing the first ranked

species, using partial dominance curves, the biomass showed the abundance line above biomass.

Thus, the  $k$ -dominance curve seemed to indicate dominance of small epimesopelagic species in this fishery. In the slope fishery, abundance was slightly above the biomass curve in the BI ( $W = -0.034$ ), whilst in NC, appeared above of the abundance curve ( $W = 0.029$ ). Further evidence of a more impacted zone in the BI slope fishery was obtained when comparing the weight and abundance of red shrimp in the BI with 45 as opposed to 17 individuals per kg in average off NC (see Table 4).

#### *Seasonal retained and discarded yields*

In the coastal and shelf fisheries, the highest average biomass for retained and discards catches were recorded in summer in NC and winter in the BI, whereas in abundance was in spring and summer for NC and winter, and autumn for retained and summer and autumn for discarded in BI respectively. For the slope fishery

maximum biomass and abundance values for retained were recorded in spring for NC and autumn and winter for BI.

In BI silver scabbardfish (*Lepidopus caudatus*) and bogue (*Boops boops*) were the main species discarded in biomass for the shelf fishery, with boarfish (*Capros aper*) in abundance. In the NC coastal fishery, pilchard (*Sardina pilchardus*) in biomass in summer and *Leptometra phalangium* (Echinodermata: Crinoidea) in spring represented the highest discards in biomass and abundance, respectively. To a lesser extent, blue whiting and European hake also contributed to the discards in abundance in the NC shelf fishery.

#### *Discards patterns*

For visualization purposes only the biplot obtained through the RDA model are shown for the coastal and shelf fisheries together (Fig. 4). The response variables were the target and by-catch most abundant species. Species yields were predicted to increase in the direction

Balearic Islands	All fisheries together		Coastal, shelf and shelf-break fisheries	
	Axis I	Axis II	Axis I	Axis II
Eigenvalue	0.25	0.03	0.17	0.04
Eigenvalue as % of total variation	25%	3%	17%	4%
Eigenvalue as cumulative % of total variation	25%	28%	17%	21%
Eigenvalue as % sum of all canonical eigenvalues	73%	10%	64%	17%
Eigenvalue as cumulative % sum of all canonical eigenvalues	73%	82%	64%	81%
Northertn Catalonia	All fisheries together		Coastal, shelf and shelf-break fisheries	
	Axis I	Axis II	Axis I	Axis II
Eigenvalue	0.27	0.06	0.34	0.06
Eigenvalue as % of total variation	27%	6%	34%	6%
Eigenvalue as cumulative % of total variation	27%	33%	34%	0.40
Eigenvalue as % sum of all canonical eigenvalues	72%	15%	74%	13%
Eigenvalue as cumulative % sum of all canonical eigenvalues	72%	82%	74%	87%

**Table 7.** Numerical output for RDA for significant explanatory variables.

**Taula 7.** Resultat de RDA per a les variables explicatives significatives.

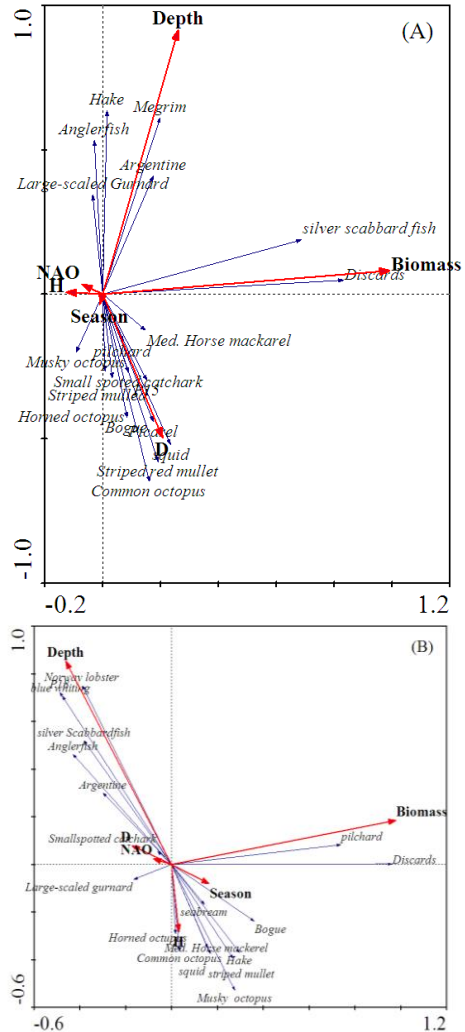


**Fig. 4.** RDA biplot of species and environment variables. (A) Balearic Islands, and (B) Northern Catalanian. The first two axis of the final triplot explain 82% and 89% of the total sum of all canonical eigenvalues respectively. Explanatory variables: Depth, season, seasonal NAO index, Shannon (H), Distinctness (D), diversity indices and Total Biomass.

**Fig. 4.** RDA biplot de les espècies més abundants i les variables ambientals. El dos primers eixos expliquen el 82 i el 89% de la suma total de tots els valors propis canònics. Variables explicatives foren: Fondària, estacionalitat, Índex estacional NAO, Shannon (H) i taxonòmic distintivitat (D), índexs de diversitat Biomassa total.

indicated by the arrow of a particular explanatory variable. Explanatory variables used for the final run were the follows: depth, season, taxonomic distinctiveness (D), and total biomass (the rest of variables although not significant were also drawn in figures). The numerical output of RDA (Table 7) showed that all explanatory variables explained 82% of the total sum of all canonical eigenvalues and 21% of the total variation of the species and discard data for the BI, and 87% and 34% for NC, respectively. The first two axes were determined positively by biomass and discards (first axis) and depth (second axis) ( $p = 0.000$ ) for both zones. Season, in NC was significant, and represented between the positive first axis and negative second axis, explaining 10% of the variance (F-ratio = 3.54,  $p = 0.0041$ ). In contrast was not significant for BI, explaining 5% of the variance. Taxonomic diversity proved to be significant in BI (F-ratio = 4.15,  $p = 0.001$ ) and not in NC (Table 8). The discard was positively correlated with the shelf fishery in the BI, and with the coastal fishery of NC (figures not shown).

In BI species discards more correlated with total biomass and discards was silver



scabbard fish, species presented in dense patchy shoals always completely discarded; species highly correlated with distinctiveness were mullets, octopuses and squid with reduced or null discards, and Picarel, Mediterranean horse mackerel, spotted small catshark species partially discarded, and bogue almost totally discarded. Species correlated with depth

were European hake, and Megrim, highly commercialised and with null or very low discards and Anglerfish and Argentine with high and low commercial values respective-

ly and partially discarded and Large-scaled Gurnard mainly discarded. Almost all species appeared in the biplot were centered, because silver scabbard fish

Component	Explanatory variables	SCE.	Var.	%
<b>Balearic Islands</b>				
All fisheries				
Season	Season	0.03	0.03	3%
Other explanatory variables	Depth; $\Delta^*$ ; Biomass	0.34	0.31	31%
Season with other as covariate		0.03		
Other with season as covariate		0.31		
All explanatory variables		0.34		
Shared			0	0%
Residual			0.66	66%
Coastal, Shelf and Shelf-break fisheries				
Season	Season	0.05	0.05	5%
The other explanatory variables	Depth; $\Delta^*$ ; Biomass	0.26	0.21	21%
Season with the others as covariate		0.05		
The others with season as covariate		0.21		
All explanatory variables		0.26		
Shared			0	0%
Residual			0.74	74%
Total			1	100%
<b>Northern Catalonia</b>				
All Fisheries				
Season	Season	0.11	0.07	7%
The others explanatory variables	Depth; Biomass	0.42	0.31	31%
Season with the others as covariate		0.07		
The others with season as covariate		0.31		
All explanatory variables		0.42		
Shared			0.03	3%
Residual			0.58	58%
Total			1	100%
Coastal, Shelf and Shelf-break fisheries				
Season	Season	0.15	0.10	10%
The others explanatory variables	Depth; Biomass; Season as variable	0.49	0.34	34%
Season with the others as covariate		0.1		
The others with season as covariate		0.34		
All explanatory variables		0.49		
Shared			0.05	5%
Residual			0.51	51%

**Table 8.** Results of various RDA analysis and Variance partitioning in RDA. The total variation of the species' data is scaled to 1. SCE, Sum of All Canonical Eigenvalues. Var, variance.

**Taula 8.** Resultats de les anàlisis RDA i de partició de la variància. La variació total de les dades d'espècies s'ha rescalat en base 1. SCE, suma dels vectors principals canònics. Var, variància.

presented a marked patchy distribution, and the other species were sorted in the depth gradient. In NC, the biplot showed pilchard like scabbard fish, fished in dense patchy shoals, it was the species more correlated with biomass and also with discards. In the negative side of the second axis were found bogue, seabreams, octopuses and squid, Mediterranean horse mackerel and striped mullets. This second axis was defined positively by depth and negatively by seasonality. The assemblage of species in the second axis in their negative side includes highly commercialized species, with low discards, and species with medium and low commercial value partially discards, but with low seasonal fluctuations. In the positive side of the second axis were found Norway lobster, blue-whiting, Anglerfish and silver Scabbard fish. Their biomass and abundance increased with depth, and they are highly valuable commercialised species partially discards. The small catshark appeared centred and highly correlated with distinctiveness. Species that contributed more to the discards were pilchard, European hake, Mediterranean horse mackerel, and bogue.

## Discussion

The composition of the different groups in percentage barely differs between zones, except for chondrichthians, which represented 10% of the entire fish group in the Balearics. The spatial habitat could have a special significance for this group, as pointed out by Damalas and Vassilopoulou (2011) in the Aegean Sea.

Average biodiversity values by fishing tactic were similar in both zones and are comparable to the indices obtained in studies carried out in the Western

Mediterranean during the nineties (Aldebert, 1997; Moranta *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2004). The fishing tactics studied presented significant decreasing biodiversity trends by depth, which is also well known in the Western and Eastern Mediterranean (Stergiou *et al.*, 1998; Machias *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2004; Tsagarakis, 2008). The *k*- biomass abundance drawn by fishery tactic showed similar patterns in both areas, shelf in both zones and slope in the Balearics seemed to sustain more impact.

Variations caused by seasonal and inter-annual environmental conditions may influence the discards of species although they didn't reach significance, for e.g. the NAO index corresponded to a negative period for the Balearic Islands but positive for NC. The influence of this index came close to being significant for the BI, but was negligible for NC. In the BI the effect of a negative NAO index in the distribution and abundance of the species may be associated with more productive periods in this zone (Massutí *et al.*, 2008) and therefore it may imply more discards. The low influence of the NAO index in NC may be explained by the low contrast of the index throughout the periods studied; it correspond to positive indices associated to dry periods that can reduce the extent of the recruitment phenomena (Lloret *et al.*, 2000), which has been related to lower discards.

Seasonality showed for almost all tactics a delay in the discards maximums between the two zones (Bakun and Agostini, 2001), which result in maximum discard levels recorded approximately one season later in the BI. Thus, higher spring and summer productivity in NC increase discards in summer, while maximum productivity reaches the BI by the autumn and winter.

The results of the RDA indicated that discarding was closely related to the biomass harvested. In NC, seasonal variability was significantly influential, whereas in the BI, the percentage of variation that explains the second axis was more associated with the characteristics of the biocenoses. This concurs with the fact that primary production in NC is the main driving force behind the ecosystem, since it is heavily influenced by coastal upwelling and land runoff discharges (Gaertner *et al.*, 1999), supporting bigger quantities of pelagic and epi-benthopelagic species, with seasonal fluctuations (Palomera, 1992). In contrast, the coastal Balearic system is associated to suspensivorous feeders, such as sponges, ascidians, and hydroids, which are totally discarded together with calcareous rodophyte algae (Ordines *et al.*, 2009). Management regulations may also intensify the reason for discards in NC since regulation only allows landing of 10% of pelagic species, such as pilchard or anchovy, by vessel and trip.

The highest pelagic catch typically occurs during its reproduction period or during the recruitment to the gear (Aldebert and Tournier, 1971) increasing in these periods discards rates and producing retained and discards variations, due to spatial and seasonal abundances (Lloret *et al.*, 2001; 2004). Whilst in the BI discards showed similar values along the year probably due to their higher dependence on species that are permanent part of the biocenoses (Ballesteros, 1994; Barberà *et al.*, 2003).

The most significant difference for target species was found in the coastal fishery with the European hake, one of the most economically important and exploited species of the Mediterranean Sea, presenting dense concentrations of juveniles in shallow and shelf waters off

NC (Maynou *et al.*, 2003) what was not found in the Balearics. This species tend to repeat the locations of the nursery areas in the Gulf of Lions, and strong connections were found between the amplitude of nursery areas and the abundances of juveniles in the fishery captures (Abella *et al.*, 2005).

Mediterranean trawl fisheries are mainly characterized by the presence of a large variety of species and the absence of large monospecific stocks. The ability of species with higher reproductive rates to replenish themselves is one of the community responses to disturbance, such as fishing. On the other hand, the complexity of the structure of the community and substratum (rocks, sponges, etc.), enhance growth and reduce the risk of predation, which may have implications for the recoverability of species (Sainsbury, 1988). In this sense, NC may be considered as holding size-structured community where the number of species with higher reproductive rates allows maintain the harvest, whereas the original coastal habitat of the BI have positive repercussions for the maintenance of the species.

By bearing in mind the characteristics of each zone and by including information on hotspot biodiversity and recruitment zones in the framework of planning protection figures (such as marine protected areas (MPAs) or temporal closures), positive and negative management measures, and fishing technology improvements may reduce the discards. However, until now discards are produced by management rules (commercialized sizes), and driven by market requirements.

This study depicted the trawl fishery scenario in the past decade, when the rhombic 40 mm mesh size was in use. In the present the discards rates should have been reduced by the change in the mesh

size to a 40 mm square diameter or 50 mm diamond diameter. In summary, regardless the present management model, the market preferences and biological and environmental processes continue defining the fishery discards and catches. We demonstrate that differences between zones and environment and biological processes have importance in discards impacts and are key factors to understand how to reduce discards. By delimiting these areas of complex biocenosis structures and recruitment zones, and sensitive seasons to discards increases, as accuracy as possible, may allow a new management scenario adapted to each zone of reduced discards.

## References

- Abella, A., Serena, F. and Ria, M. 2005. Distributional response to variations in abundance over spatial and temporal scales for juveniles of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Western Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 71: 295-310
- Aldebert, Y. and Tournier, H. 1971. La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le Golfe du Lion. *Rev. Travaux Institute des Pêches Maritimes*, 35 (1): 57-75.
- Aldebert, Y. 1997. Demersal resources of the Northern Catalunya (Mediterranean). Impact of exploitation on fish biodiversity. *Vie et Milieu*, 474: 275-284.
- Bakun, A. and Agostini, V.N. 2001. Seasonal patterns of wind-induced upwelling and downwelling in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 65: 243-257.
- Ballesteros, E. 1994. The deep-water *Peysonnelia* beds from the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Marine Ecology. Publication Selta Stazione Zoologica di Napoli*, 1-15: 233-253.
- Barberà, C., Bordehore, C., Boig, J.A., Glémarec, M., Grall, J.M., Hall-Spencer, J., De la Huz, C.H., Lanfranco, E., Larta, M., Moore, P.G., Mora, J., Pita, M.E., Ramos-Esplá, A.A., Rizzo, M., Sánchez-Mata, A., Serra, A., Schembri, P.J. and Valle, C. 2003. Conservation and management of northeast Atlantic and Mediterranean maërl beds. *Marine Freshwater Ecosystems*, 13: 65-76.
- Bianchi, G., Gislason, H., Graham, K., Hill, L., Jin, X., Koranteng, K., Manickchand-Heileman, S., Paya, I., Sainsbury, K., Sanchez, F. and Zwanenburg, K. 2000. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. *ICES Journal of Marine Science*, 57, 558-571.
- Blanchard, F. 2001. The effect of fishing on demersal fish community dynamics: an hypothesis. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 711-718.
- Boucher, M., Ibanez, F. and Prieur, L. 1987. Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea front. *Journal of Marine Research*, 45: 133-173.
- Carbonell, A., Martín, P., De Ranieri, S. and WEDIS team. 1998. Discards of the Western Mediterranean trawl fleet. *Rapport Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer Méditerranée*, 35: 292-293.
- Clarke, K.R., and Gorley, R.N. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth. 190 pp.
- Damalas, D. and Vassilopoulou, V. 2011. Chondrichthyan by-catch and discards in the demersal trawl fishery the central Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *Fisheries Research*, 108: 142-152.
- EEC. 2000. Council Regulation (EC) No 1543/2000 of 29 June 2000 establishing a Community framework for the collection and management of the data needed to conduct the common fisheries policy. Brussels. *Official Journal of the European Union*, L 176:1-16.
- Efron, B. and Tibshirani, R. 1993. *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall. New York, London.
- Estrada, M. and Margalef, R. 1988. Supply of nutrients to the Mediterranean photic zone along persistent front, in: Minas, H.J., Nival, P. (Eds.), *Océanographie Pélagique Méditer-*

- ranéenne. *Oceanological Acta*, Special Number, 9: 133-142.
- FAO. 1996. Report of the Technical Consultation on Reduction of wastage in Fisheries. Tokio, Japon, 1996. FAO Fisheries Report. No 547.
- Gaertner, J.C., Mazouni, N., Sebatier, R. and Millet, B. 1999. Spatial structure and habitat associations of demersal assemblages in the Northern Catalunya: a multicompartimental approach. *Marine Biology*, 135: 199-208.
- Hobday, A.J., Smith, A.D.M., Stobutzki, I.C., Bulman, C., Daley, R., Dambacher, J.M., Deng, R.A., and *et al.* 2011. Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fisheries Research*, 108: 372-384.
- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewell, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S. Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. and Wardle, D.A., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.*, 75: 3-35.
- Hurrell, J.W. 1995: Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, 269: 676-679.
- ICES, 1999. Report of the Study Group on Discard and By-Catch Information. Workshop on Discard Sampling Methodology and Raising Procedures: 20-22.
- Jansà, J., López-Jurado, J.L., Morillas, A. and Amengual, B. 1998. Seasonal and mesoscale variability of biological and chemical parameters related to the hydrodynamics of the Ibiza Channel (western Mediterranean). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 14: 31-47.
- Lloret, J., Lleonart, J. and Sole, I. 2000. Time series modeling of landings in Northwest Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 57:171-184.
- Lloret J., Lleonart, J., Solé, I. and Fromentin, J.-M. 2001. Fluctuations of landings and environmental conditions in the north-western Mediterranean Sea. *Fisheries Oceanography*, 10(1): 33-50.
- Lloret, J., Palomera, I., Salat, J., and Sole, I. 2004. Impact of freshwater input and wind on landings of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in shelf waters surrounding the Ebro (Ebro) River delta (north-western Mediterranean). *Fisheries Oceanography*, 13(2): 102-110.
- Machias, A., Vassilopoulou, V., Vatsos, D., Bekas, P., Kallianiotis, A., Papaconstantinou, C, and Tsimenides, N. 2001. Bottom trawl discards in the northeastern Mediterranean sea. *Fisheries Research*, 53: 181-195.
- Mallol, S. 2005. *Anàlisi dels descartaments efectuats per la flota d'arrossegament en el Golf de Lleó*. Thesis. Univ. Girona, Spain.
- Margalef, R. 1968. *Perspectives in Ecological Theory*, University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Massutí, E., Monserrat, S., Oliver, P., Moranta, J., López-Jurado, J.L., Marcos, M., Hidalgo, M., Guijarro, B., Carbonell, A., Pereda, P. 2008. The influence of oceanographic scenarios on the population dynamics of demersal resources in the western Mediterranean: Hypothesis for hake and red shrimp off Balearic Islands. *Journal of Marine Systems*, 71 (2008): 421-438.
- Maynou, F., Leonart, J., and Cartes, J.E. 2003. Seasonal and spatial variability of hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment in the NW Mediterranean. *Fisheries Research*, 60: 65-78.
- Mérigot B., Bertrand J.A., Gaertner J.C., Durbec J.P., Mazouni N. and Manté C. 2007 The multi-component structuration of the species diversity of groundfish assemblages of the east coast of Corsica (Mediterranean Sea): Variation according to the bathymetric strata. *Fisheries Research*, 88: 120-132.
- Moranta, J., Massutí, E. and Morales-Nin, B. 2000. Fish catch composition of the deep-sea decapod crustacean fisheries in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Fisheries Research*, 45: 253-264.
- Murawski, S.A., Steele, J.H., Taylor, P., Fogarty, M.J., Sissenwine, M.P., Ford, M. and Suchman, C. 2010. Why compare marine ecosystems? *ICES Journal of Marine Science*, 67: 1-9.
- Ordines, F., Quetglas, A., Massutí, E. and

- Moranta, J. 2009. Habitat preferences and life history of the red scorpion fish, *Scorpaena notata*, in the Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85: 537-546.
- Palomera, I. 1992. Spawning of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Northwestern Mediterranean relative to hydrographic features in the region. *Marine Ecology Progress Series*, 79: 215-223.
- Pérez, N., Pereda, P., Uriarte, A., Trujillo, V., Olaso, I. and Lens, S. 1996. Discards of the Spanish fleet in ICES Divisions Study Contract DG XIV. PEM/93/005.:150 pp.
- Pielou, E.C. 1975. *Ecological biodiversity*. John Wiley & Sons, New York. 165 pp.
- Pinnegar, J.K., Polunin, N.V.C. and Badalamenti, F. 2003. Long-term changes in the trophic level of western Mediterranean fishery and aquaculture landings. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60: 222-235.
- R Development Core Team. 2010. R: *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010. ,
- Rochet, M.J., Trenkel, V.M., Carpentier, A., Coppin, F., Gil de Sola, L., Léauté, J.-R., Mahé, J.C., Maiorano, P., Mannini, A., Murenu, M., Piet, G., Plitou, Ch., Reale, b., Spedicato, M.T., Tserpes, G. and Bertrand, J.A. 2010. Do changes in environmental pressures impact marine communities? An empirical assessment. *Journal of Applied Ecology*, 47: 1-17.
- Sainsbury, K.J.1988. The ecological basis of multispecies fisheries management of a demersal fishery in tropical Australia. In Gulland, J.A. (ed.), *Fish Population Dynamics*: 349-382. John Wiley, Chichester.
- Sánchez, P., Demestre, M. and Martín, P. 2004. Characterisation of the discards generated by bottom trawling in the Northwestern Mediterranean. *Fisheries Research*, 67: 71-80.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communications. *Bell System technical Journal*, 27: 379-423, 623-656.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of biodiversity. *Nature*, 163: 688.
- Stenseth, N. Chr., Rouyer, T.2008. Destabilized fish stocks *Nature*, 452: 825-826.
- Stergiou, K.L., Economou, A., Papaconstantinou, C., Tsimenides, N. and Kavadas, S. 1998. Estimates of discards in the Hellenic commercial trawl fishery. *Rapport Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer Méditerranée*, 35: 490-491.
- ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power (Ithaca, NY USA). 352 pp.
- Tsagarakis, K., Machais, A., Giannoulaki, M., Somarakis, S. and Karakassis, I. 2008. Seasonal and temporal trends in metric of fish community for otter-trawl discards in a Mediterranean ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 539-550.
- Warwick, R.M. and Clarke, K.R. 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216: 265-278.
- Warwick, R.M. and Clarke, K. R. 1994. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. *Mar. Biol.*, 118: 739-744.





# Morfogènesi i dinàmica de la platja des Codolar (Eivissa, Illes Balears)

Francesc X. ROIG-MUNAR, José Á. MARTÍN-PRIETO,  
Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Guillem X. PONS i Miquel MIR-GUAL

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. i Mir-Gual, M. 2012. Morfogènesi i dinàmica de la platja des Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 47-62. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

S'ha analitzat la textura dels còdols de la platja des Codolar, Eivissa, a partir del mostreig de quatre seccions de la platja. A cada secció s'han pres mostres de la berma superior i de la inferior, totalitzant el mesurament de 400 còdols. S'han analitzat la distribució dels còdols, la seva mida i la seva classificació. La forma dels còdols s'ha parametritzat a partir del diagrama de Zingg, l'índex d'Arrodoniment de Wadell, la màxima projecció de Esfericitat i l'índex Oblat-Prolat. El resultat mostra una clara gradació de sud-est a nord-oest tant en la grandària com en el arrodoniment i la esfericitat dels còdols. Això en indica clarament que la seva font d'alimentació són els desprendiments del cap Falcó, i que el seu transport es produeix per deriva litoral envers el nord-oest. El resultat és la formació d'una barra litoral que fins i tot presenta formes atribuïbles a ventalls d'*overwash*, que juntament amb ventalls al·luvials delimiten una zona humida, que a l'actualitat ocupen les Salines d'Eivissa.

**Paraules clau:** *Eivissa, platja d'es Codolar, platja de còdols, anàlisi granulomètric, deriva litoral.*

MORPHOGENESIS AND DYNAMIC OF ES CODOLAR BEACH (IBIZA, BALEARIC ISLANDS). The texture of the Es Codolar gravel beach, South of Ibiza, was analyzed from samples in four sections of the beach. In each section two samples have been taken: one from the upper berm and another from the lower one. A total of 400 pebbles and cobbles were measured. The distribution of shingles, their grain size and sorting have been analyzed. Shingle shape has been parameterized through the Zingg diagram, the Wadell roundness index, the maximum projection of sphericity and the Oblate-Prolate Index. The results show a clear gradient both in grain size, roundness and the shingles sphericity from Southeast to Northwest. This clearly indicates that the source of sediment supply are located at Cap Falcó detachments. Transport is produced by long shore drift towards the Northwest and the result is the formation of a shingle barrier that closes a wetland that nowadays currently occupy by the Salinas of Ibiza.

**Keywords:** *Ibiza, es Codolar Beach, pebble beach, particle size analysis, littoral drift.*

Francesc X. ROIG-MUNAR, QUATRE, consultoria ambiental, Carrer Carritxaret 18-6, Es Migjorn Gran, Menorca, José Ángel MARTÍN-PRIETO, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Guillem X. PONS and Miquel MIR-GUAL, Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears. Carretera Valldemossa Km 7,5, Palma. Grup de Recerca BIOGEOMED. E-mail: guillemx.pons@uib.cat.

Recepció del manuscrit: 7-mar-12; revisió acceptada: 22-mai-12

## Introducció

Els estudis sobre les platges formades per còdols ha estat molt menor si es compara amb el de platges d'arenes. La seva importància econòmica i social, també fa que el seu estudi no sigui tan rellevant com els dels litorals arenosos. En el cas de l'arxipèlag Balear amb prou feines s'han realitzat estudis sobre les platges de còdols, excepte el cas d'una platja, es Coll Baix (Alcúdia), al nord de Mallorca (Espinosa i Martínez, 2007).

A les platges de còdols, la mida de la platja, així com la forma de les partícules són aspectes importants per determinar la resposta als processos derivats de l'acció de l'onatge (Jennins i Shulmeister, 2002). Per tant, la forma de les partícules sedimentàries pot donar informació important sobre la història i evolució de l'àmbit d'estudi, el qual es pot arribar a comprendre a partir de la seva anàlisi textural. La textura es refereix a les característiques físiques dels sediments, fonamentalment a la mida i la forma. El principal objectiu del seu estudi és determinar l'ambient i les condicions de deposició dels sediments, sota el supòsit que els processos físics que afecten a les partícules deixen la seva empremta característica sobre elles.

## Àrea d'estudi

La zona d'estudi es situa al sud de l'illa d'Eivissa (Balears) (Fig. 1), en una barra litoral envoltada de promontoris calcaris. Actualment aquests relleus estan units mitjançant una plana al·luvial d'escassa pendent formada per materials plistocens. El subsòl d'aquesta plana està compost per margues cretàiques (García *et al.*, 2009). Cap al nord, els vessants sud-orientals

d'aquestes elevacions estan entapissades per un sistema de ventalls al·luvials i cons de dejecció.

A la zona distal d'aquests dipòsits de vessant, i enllaçats amb els dipòsits de plana al·luvial, es troben unes salines, que van ser explotades, per primera vegada pels cartaginesos, a partir de l'any 600 aC (Planells, 1999) i fins a l'actualitat.

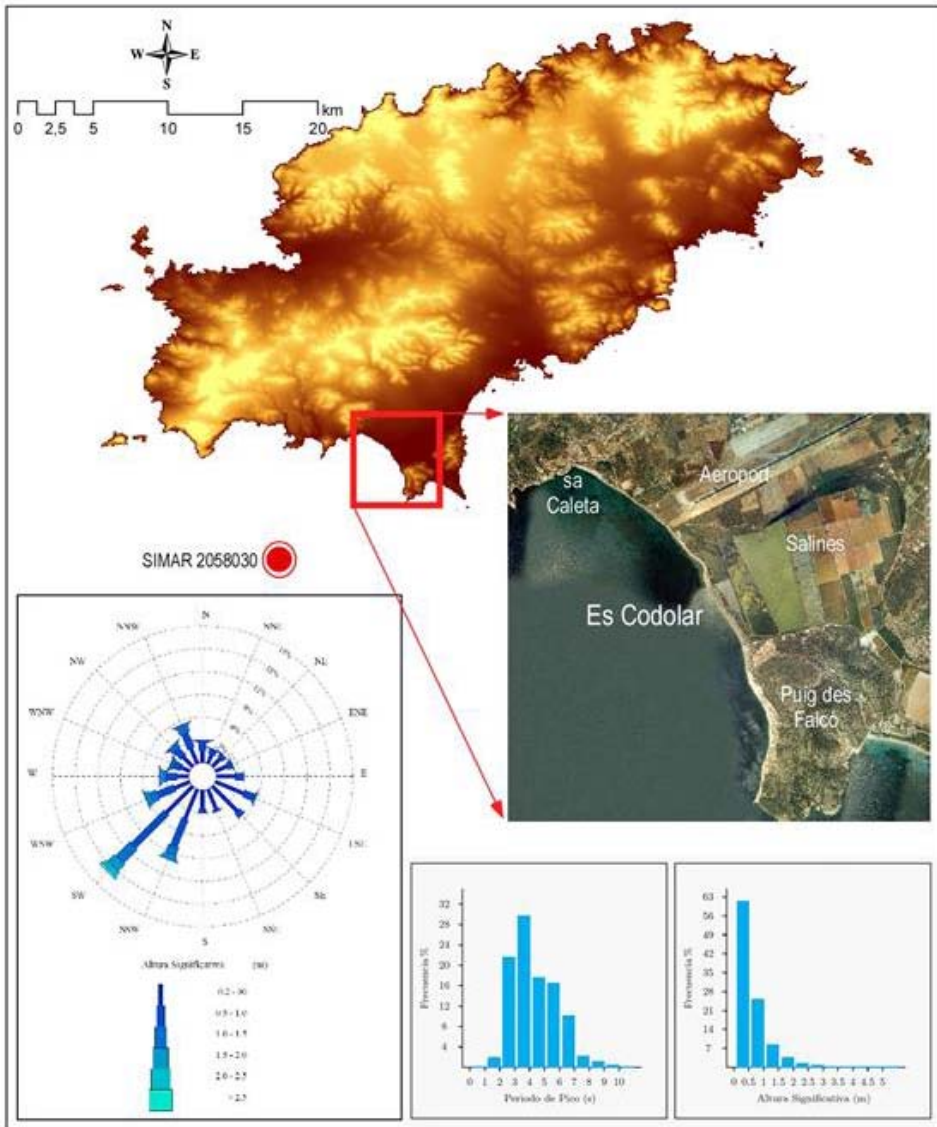
La zona des Codolar és una platja de còdols que s'estén al llarg de 3 km entre el puig des Falcó al sud-est i sa Caleta al nord-oest. Tanca al seu interior una zona humida, totalment antropitzada des d'època fenícia en el seu sector meridional i que actualment formen les Salines d'Eivissa.

Morfològicament es tracta d'una barra de còdols d'amplitud mitjana de 40 m i potència variable, formada per diferents barres superposades, desproveïda de vegetació, i que arrenca a la base dels penya-segats del Puig des Falcó al sud i que s'estén cap al NNW.

El clima marítim a què està exposada la platja presenta un onatge de major freqüència i intensitat de component SW, i que impacta amb un cert angle sobre la platja, de manera que hi ha un predomini de deriva litoral en sentit NNW (Ports de l'Estat). El 86% de l'onatge té una alçada inferior a 1m (Hs) i només el 3.7% supera els 2 m d'alçada, amb un període tipus de 4 s, i inferior a aquest valor en el 55% dels casos (Fig. 1). Els temporals de major impacte sobre la platja tenen lloc entre els mesos d'octubre i abril.

## Objectius

Els objectius més importants s'han focalitzat en la caracterització de la textura del sediment i, a partir de l'anàlisi de tipus morfoscòpic, determinar les implicacions



**Fig. 1** Localització de l'àrea d'estudi i dades de l'onatge corresponents al Node HIPOCAS 1815 de la Xarxa Ports del Estat (Font: Puertos del Estado).

**Fig. 1.** Location of the study area and wave data for the 1815 HIPOCAS Node of Harbors of the State Network (Source: Puertos del Estado).

d'aquesta en la dinàmica des Codolar, així com establir una hipòtesi de la seva formació i evolució.

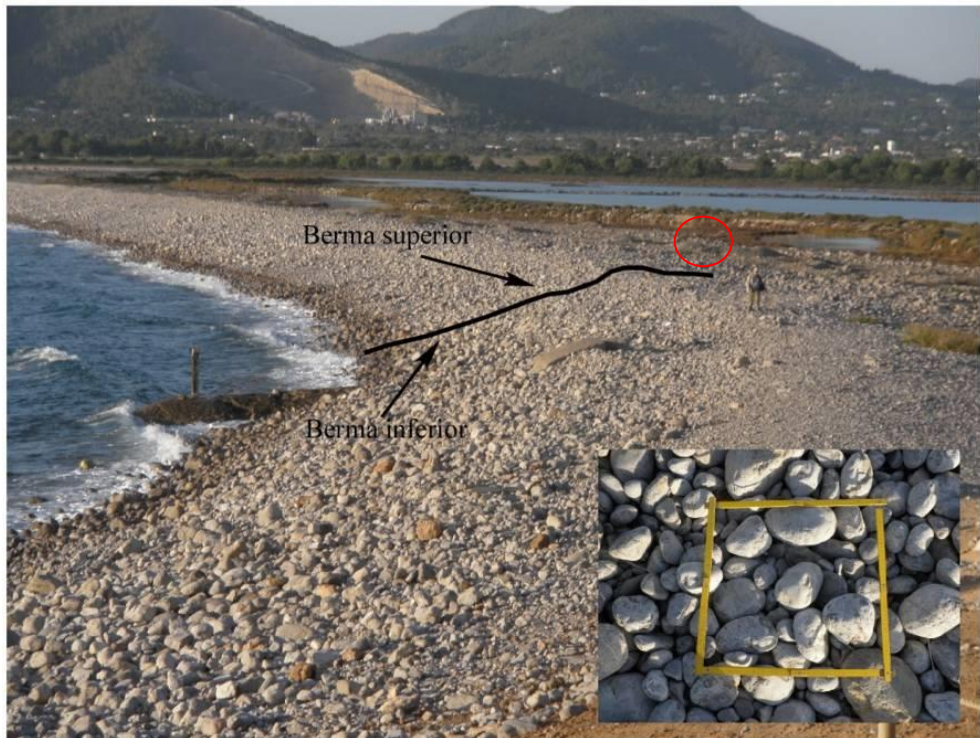
## Metodologia

S'han pres mostres en 8 estacions (50 clastes per estació), situades sobre quatre perfils de platja, de manera que es van mesurar un total de 400 còdols. Una estació correspon a la berma superior i l'altra a la berma inferior (Fig. 2 i 3). En cadascuna d'elles, es van utilitzar malles de 25 i 50 cm,

en funció de la mida dels clastes continguts en el seu interior. De cada còdol s'han mesurat els tres eixos principals (curt, mitjà i llarg).

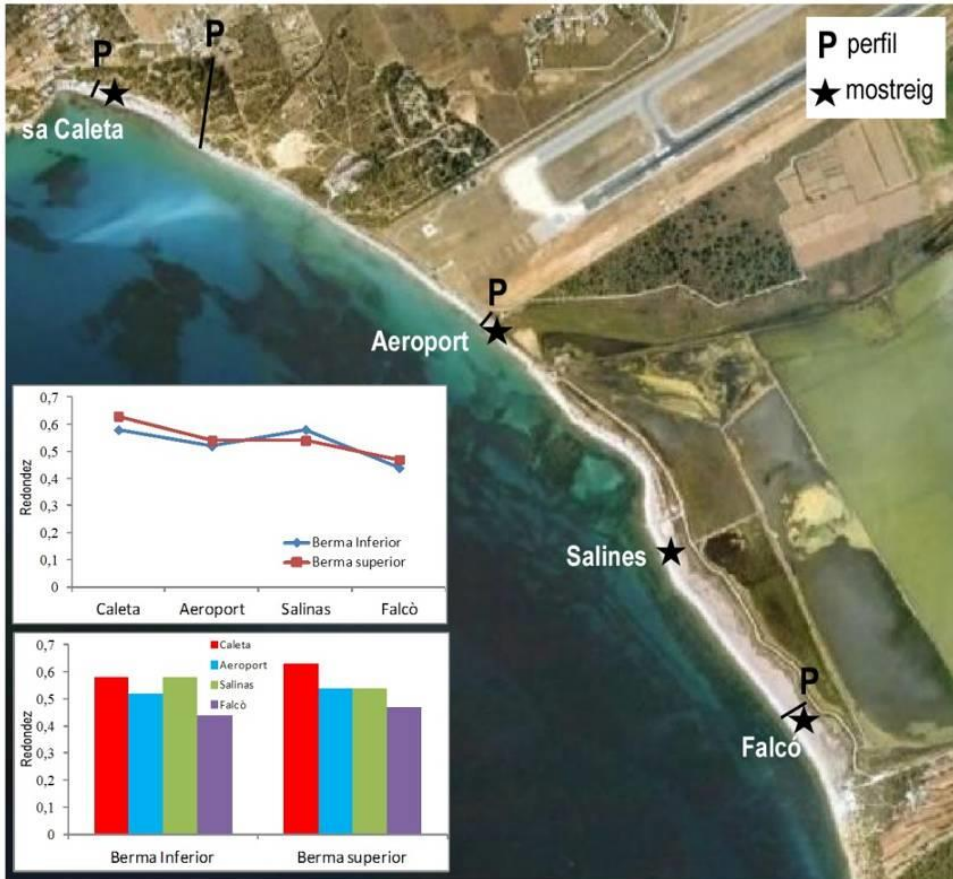
## Mida de gra

La mida de gra és la característica bàsica de tot sediment i ens parla de la competència del seu transport. Per tal de definir la mida de gra amb còdols de centimètriques a decimètriques, s'ha utilitzat la longitud de l'eix intermedi de cada element. A partir d'aquestes dades s'han definit els paràmetres estadístics descriptius de més



**Fig. 2.** Perfil de platja de Cap Falcó, extrem SE des Codolar i lloc d'una de les zones de mostreig. Vegis una persona dins del cercle com escala. Al requadre inferior dret s'observa la malla amb la que s'han mesurat els còdols.

**Fig. 2.** Profile of Cap Falcó beach, SE of es Codolar, and place of one of the sampling areas. Note the human scale in the circle. In the lower right a screen for shingle pebbles measuring is shown.



**Fig. 3.** Situació dels punts de mostreig i diagrama on es mostra l'arrodoniment dels còdols.  
**Fig. 3.** Location of sampling points and diagram showing the roundness of the pebbles.

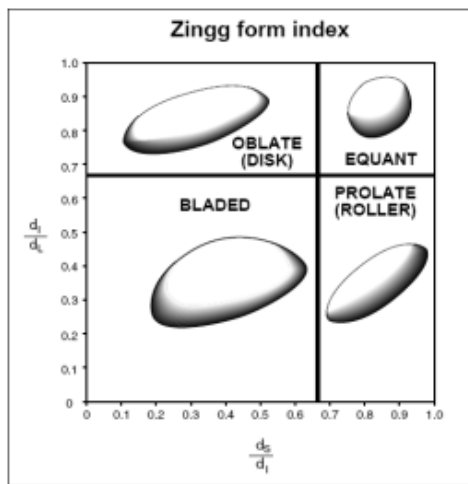
trascendència: mitjana, mediana, granoclasificació o *sorting*, la desviació del calibre respecte de la mitjana o la *kurtosis* o la *moda* o mida més freqüent.

### Morfologia del gra

La morfologia del gra és també una propietat fonamental de les partícules i pot proporcionar informació important sobre la història del sediment. De la mateixa manera que el calibre mitjà del clast, la forma es

pot representar i abordar amb diferents criteris i escales semi-quantitatives (Cheel, 2005). Per al present estudi es descriuen a continuació tres de les expressions de la morfologia del gra:

**Arrodoniment.** L'arrodoniment d'una partícula es refereix al grau de curvatura (o angulositat) de les vores d'una partícula, aportant informació de la distància del transport i de l'energia d'aquest. El mètode



**Fig. 4.** Diagrama de Zingg mostrant la classificació de la forma de les partícules sedimentàries i la seva terminologia (Cheel, 2005).

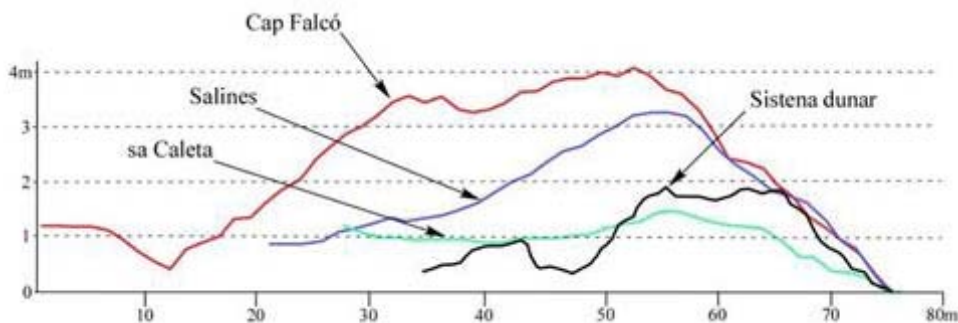
**Fig. 5.** Zingg diagram showing the classification of the shape of sedimentary particles and their terminology (Cheel, 2005).

més apropiat per determinar l'arrodoniment d'un clast es pot definir com la relació dels radis de curvatura mitjana de les cantonades d'un gra en relació al radi més gran del cercle inscrit dins de la partícula. Es

conegut com Índex d'Arrodoniment de Wadell (Wadell, 1932, 1933, 1935). El valor màxim és d'un, que equival al màxim arrodoniment.

**Esfericitat.** Es pot definir com la mesura del grau en què la forma d'una partícula s'aproxima al d'una veritable esfera. Una esfera té una esfericitat amb un valor d'un i les partícules amb altres formes tenen un valor inferior a un. No només descriu un aspecte de la forma d'una partícula, sinó que pot ser útil per comprendre altres propietats de la mateixa, com ara la seva velocitat de sedimentació.

**L'índex de forma de Zingg.** És un dels mètodes més comuns per determinar l'aspecte geomètric espacial d'una partícula i està basat en les proporcions de L, I i S (eixos llarg, intermedi i curt respectivament). La Fig. 4 ens mostra el diagrama de Zingg (Zingg, 1935) que defineix quatre tipus i proporciona termes per descriure la forma dels còdols en funció de les relacions dels eixos d'aquests (laminar, prolat, discoïdal i esfèric) basades en les raons I/L i S/I.



**Fig. 5** Perfils transversals de la platja des Codolar. Es veu la disminució en alçada i volum entre Cap Falcó (perfil més oriental) i sa Caleta (el més occidental), així com una certa suavització.

**Fig. 5.** Cross sections of es Codolar beach. We can see the decrease in height and volume between Cap Falcó (southernmost profile) and sa Caleta (the most northerly) as well as some profile smoothing.

La determinació de la forma del clasts es realitza plotejant ambdós valors al diagrama. La forma dels còdols definida pel diagrama de Zingg, és en gran mesura independent de l'esfericitat.

El diagrama de Zingg es presenta com a eina per a la descripció de les partícules, però no tracta adequadament els aspectes hidrodinàmics de la forma. Sneed i Folk (1958) van proposar un altre paràmetre conegut com Projectió Màxima d'Esfericitat (PME). Es defineix com la relació de l'àrea de la secció transversal màxima del volum de l'esfera equivalent a l'àrea màxima de secció transversal de la partícula en sí.

Aquestes característiques tenen un important significat per a l'estudi dels efectes del transport dels clastes des de l'àrea font i assenyalen la modificació dels grans angulosos a diverses formes, per abrasió, solució i selecció per corrent.

Les dades s'han analitzat mitjançant un full de càlcul a partir del qual s'han obtingut els següents índexs: paràmetre de Zingg, forma de la partícula, esfericitat de Wadell, Paràmetres de forma de Folk, Projectió Màxima d'esfericitat i Índex Oblat-Prolat.

Per caracteritzar la barra des Codolar i situar les diverses estacions es van realitzar quatre perfils de platja mitjançant la utilització d'un pantòmetre proveït d'un clinòmetre digital (Figs. 3 i 5).

## Resultats

Els resultats obtinguts en l'anàlisi textural efectuat es recullen a la Fig. 6 i s'analitzen a continuació:

### Mida de gra

La mida de gra dels còdols analitzats (Fig. 6) presenta una clara evolució des del perfil més septentrional (sa Caleta, moda de

35 mm a la berma superior i de 20 a la berma inferior), fins al més meridional (cap Falcó, moda de 200 mm a la berma superior i de 120 mm a la inferior). Tan sols, existeix una anomalia en aquesta tendència i és el cas de la berma inferior del perfil de ses Salines. Aquest fet requereix una interpretació específica relacionada amb la dinàmica dels despreniments del penya-segat de cap Falcó i del seu transport vers el Nord, primer, i el NNW després.

Altres paràmetres com són la mitjana, la mediana i el *sorting* presenten igual evolució amb la mateixa excepció de la berma inferior del perfil de Salines.

Pel que fa a la *kurtosis*, no se observa cap tendència identificable.

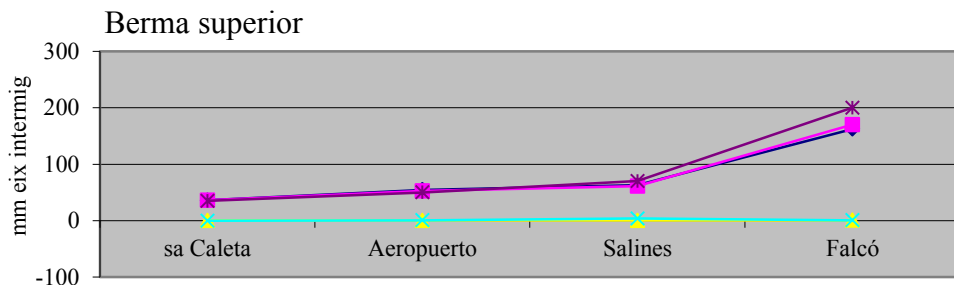
### Índex d'Arrodoniment de Wadell

La Fig. 7 ens mostra com aquest paràmetre incrementa el seu valor des de Cap Falcó fins sa Caleta, és a dir, l'arrodoniment augmenta en un sentit de SSE a NNW. Els valors de l'arrodoniment són relativament més elevats en la berma superior (excepte a Salines), i bastant similars en totes les estacions.

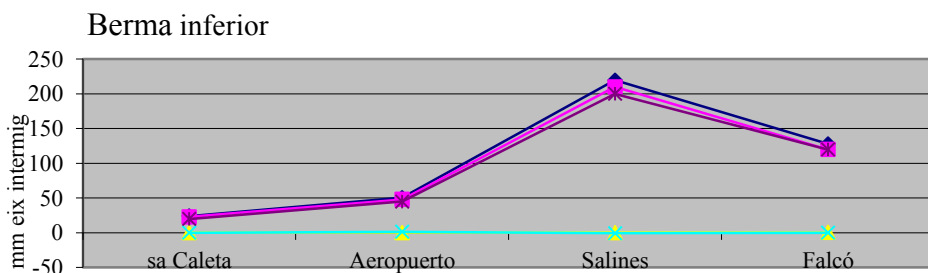
### Esfericitat

La mesura d'esfericitat es basa a determinar la Projectió de Màxima d'Esfericitat ( $\Psi$ ) com a representació de la equidimensionalidad. A més de ser la millor mesura per reflectir el comportament hidràulic de les partícules durant el transport (Sneed i Folk, 1958; Dobkins i Folk, 1970; Folk, 1974), hi ha una relació directa i estreta entre  $\Psi$  i la velocitat a la qual la partícula d'un volum particular es diposita en un fluid o roda al llarg d'un llit.

Les partícules tendeixen a sedimentar amb l'àrea de màxima projecció (el pla format pels eixos curt i intermedi) i de manera perpendicular a la direcció del moviment. Els valors de  $\Psi$  tenen un valor



	Berma Superior				Berma Inferior			
	Caleta	Aerop.	Salines	Falcó	Caleta	Aerop.	Salines	Falcó
Mitjana (mm)	36	55	63	162	24	51	220	128
Mediana (mm)	36	53	61	170	23	48	210	120
Sorting	20%	23%	39%	53%	22%	24%	29%	58%
Kurtosis	-0,24	0,67	3,61	0,45	0,21	1,40	-0,50	0,15
Moda (mm)	35	50	70	200	20	45	200	120



—◆— Promig mm    —■— Mitjana mm    —▲— Sorting

	Mida de gra (phi)		Ind. Arrodon. Wadell		Proj. Màx. Esfer.		Index O-P	
	B. Sup.	B. Inf.	B. Sup.	B. Inf.	B. Sup.	B. Inf.	B. Sup.	B. Inf.
Falcó	-7.61	-7.33	0,47	0,44	19,50	16,10	0,34	0,13
Salines	-6.04	-7.84	0,54	0,58	65,99	22,90	0,12	0,14
Aeroport	-5.70	-5.78	0,54	0,52	52,00	55,00	0,46	-0,06
Caleta	-5.17	-4.63	0,63	0,58	36,00	24,75	0,14	0,08
<i>media</i>	-6.13	-6.40	0,55	0,53	43,37	29,69	0,27	0,07
<i>Dev. Stdr.</i>	1.05	1.47	0,07	0,07	20,09	17,28	0,17	0,09

**Fig. 6.** Paràmetres de mida de gra i de forma.

**Fig. 6.** Grain size and shape parameters.



de 0 a 1, on una esfera té un valor d'1, per contra, si la partícula és més discoïdal, la  $\Psi$  tendeix a 0.

La esfericitat augmenta des cap Falcó cap sa Caleta. És a dir, la màxima esfericitat es presenta a sa Caleta seguida de Salines i de Cap Falcó, la menor. En aquestes estacions l'esfericitat de les dues bermes és similar. En canvi, l'estació de l'aeroport presenta una esfericitat relativament alta a la berma superior i baixa a la inferior (Fig. 6).

**Anàlisi de la forma**

L'anàlisi de les partícules ha donat com a resultat un diagrama de Zingg per a cada estació (Fig. 8). Els mesuraments dels eixos ortogonals dels còdols donen com a fruit formes que s'identifiquen com: discoïdal, esfèrica, laminar i cilíndrica.

Els diagrames mostren una gradació en la forma del sediment a mesura que ens desplacem de SE a NW. La forma del sediment predominant a Cap Falcó és cilíndrica en ambdues bermes i en menor mesura discoïdal. Per contra, la forma esfèrica és amb diferència la que presenta el menor percentatge.

A mesura que ens desplacem cap al NNW, aquests valors s'inverteixen augmentant de forma notable el valor esferoïdal en detriment de les altres formes, amb excepció de la forma cilíndrica que mostra alts percentatges en totes les mostres. Aquests resultats són similars en ambdues bermes.

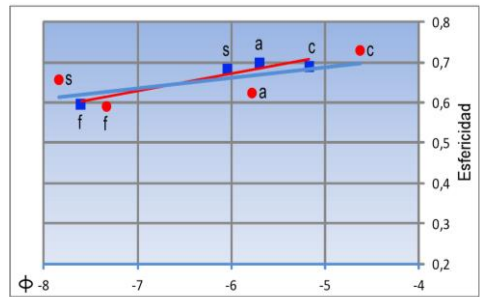
**Esfericitat vs mida de gra**

S'ha comparat l'esfericitat amb la mida dels còdols (Fig. 7). El resultat de la gràfica, mostra tant en el cas de la berma superior com en la berma inferior que l'esfericitat augmenta en disminuir la mida dels còdols, sent sa Caleta la mostra que presenta la major esfericitat i la mida més

petita. Les mostres de Cap Falcó, Aeroport i sa Caleta, presenten una major homogeneïtat, amb valors similars quant a grandària i esfericitat en ambdues bermes. No obstant això, Salines mostra una gran distància entre ambdues bermes, quant a grandària (el més elevat). En cap Falcó i en sa Caleta, els dos extrems des Codolar, la berma superior presenta una grandària de còdols una mica major que a la berma inferior, mentre que a l'estació d'Aeroport les dues bermes presenten grandàries similars. Tal i com succeeix amb els altres paràmetres analitzats, a l'estació de Salines hi ha una gran diferència de mida i esfericitat entre les dues bermes ( $\phi$  -5,17, la superior i  $\phi$  -4,63 la inferior) (Fig. 6 i 7).

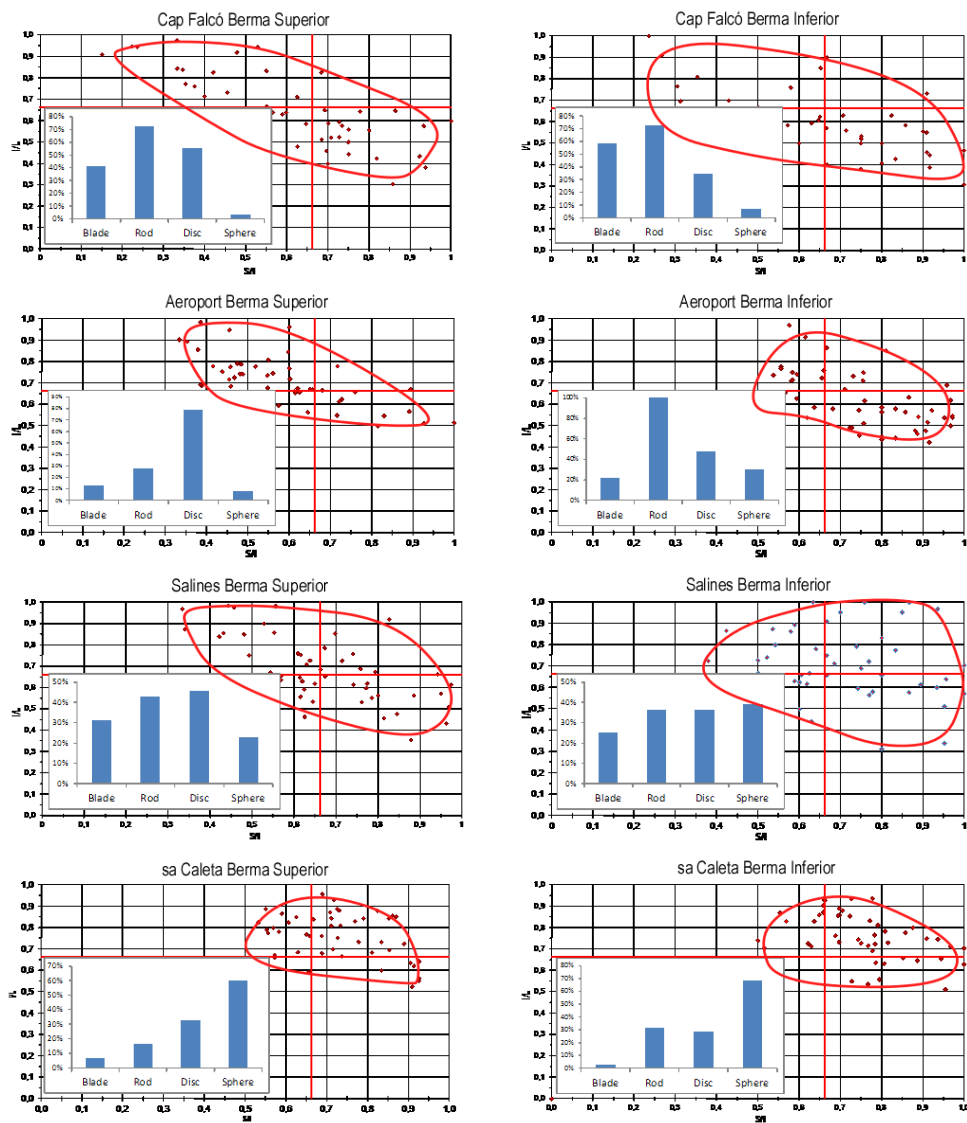
**Esfericitat vs. l'índex O-P**

L'Índex de Màxima Esfericitat s'ha comparat també, amb l'Índex O-P, reflectint-los a la Fig. 9. Tots dos paràmetres són bons indicadors del grau de selecció dels còdols. Es pot apreciar un



**Fig. 7.** Diagrama on es relaciona l'esfericitat front a la mida dels còdols (els cercles corresponen a la berma inferior i els quadrats a la superior: f, Falcó, s, Salines, a, Aeroport i c, Caleta).

**Fig. 7.** Diagram which relates the cobble sphericity versus cobble size (circles correspond to the lower berm and squares to the upper one: f, cap Falcó, s, Salines, a, Airport and c, sa Caleta).



**Fig. 8.** Diagrama de Zingg mostrant la classificació de la forma del sediment. A la part inferior esquerra es mostra el percentatge de cada forma.

**Fig. 8.** Zingg diagram showing the shape classification of sediment. For each station, in the bottom left, the percentage of each form is shown.

major agrupament dels valors de la berma inferior, mostrant un valor negatiu en la berma inferior de l'Aeroport. Aquesta

mateixa estació té els valors més allunyats entre ambdues bermes. En general presenten una esfericitat mitjana-alta i

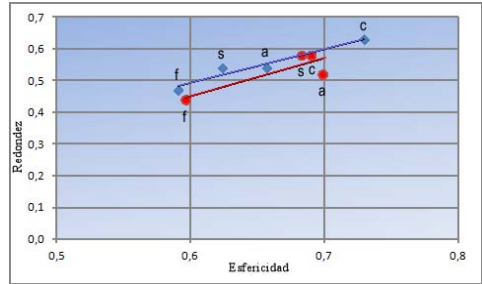
mostren un agrupament de la majoria d'ells, exceptuant els valors extrems de l'Aeroport i Cap Falcó, amb una tendència a còdols cilíndrics.

**Arrodoniment vs Esfericitat**

La relació entre l'índex d'arrodoniment i l'esfericitat presenta les mateixes característiques que ja hem vist amb altres relacions (Fig. 10). Els valors de la berma superior es presenten més regulars, mentre la inferior mostra posicions irregulars per a les estacions de Salines i Aeroport.

**Discussió i conclusions**

A partir dels resultats podem establir una clara disminució en la grandària dels còdols des del Cap Falcó vers sa Caleta. Aquesta disminució ve acompanyada d'un augment de l'Índex d'Arrodoniment de Wadell en el mateix sentit SSE-NNW. Així mateix, l'esfericitat augmenta clarament en la mateixa direcció, mentre que la forma



**Fig. 10.** Relació entre arrodoniment i esfericitat (els cercles corresponen a la berma inferior i els quadrats a la superior: f, Falcó, s, Salines, a, Aeroport i c, Caleta).

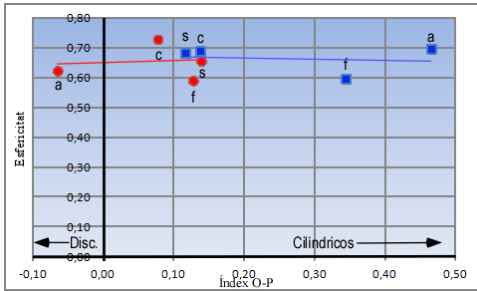
**Fig. 10.** Relationship between roundness and sphericity (circles correspond to the lower berm and squares to the upper one: f, cap Falcó, s, Salines, a, Airport and c, sa Caleta).

mostra un augment de les formes esfèriques, al costat de la disminució de les formes cilíndriques i discoïdals en la mateixa direcció.

Tot això ha d'obeir a un transport de sediment en aquesta mateixa direcció, induït per un clima marítim, on l'onatge de major altura i direcció presenten una component majoritària del SW. D'altra banda aquest onatge es veu afavorit per la disposició de la costa SSE-NNW, que facilita el transport cap al NNW de la badia (Fig. 2).

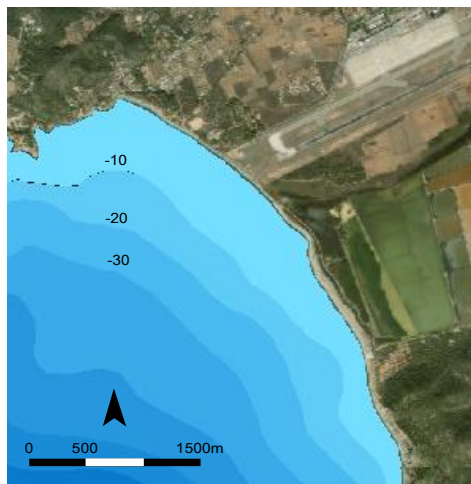
Aquesta dinàmica es veu ratificada per la batimetria, on apreciem una disminució de la profunditat a mesura que ens desplacem cap al nord-oest, és a dir cap sa Caleta (Fig. 11). La isòbata -10 m es troba a 200 m lineals des de l'extrem sud de la platja (Cap Falcó), mentre que des de l'extrem nord es troba a 560 m, més del doble de distància, amb una somerització de la zona submergida.

L'increment de l'arrodoniment i un decreixement en Índex O-P és el resultat de l'abradió causada pel lliscament i rodament



**Fig. 9.** Diagrama on es compara l'esfericitat, front del index O-P (els cercles corresponen a la berma inferior i els quadrats a la superior: f, Falcó, s, Salines, a, Aeroport i c, Caleta).

**Fig. 9.** Diagram which compares the sphericity versus O-P index (circles correspond to the lower berm and squares to the upper one: f, cap Falcó, s, Salines, a, Airport and c, sa Caleta).



**Fig. 11.** Batimetria de la zona d'estudi (Font: IDEIB).

*Fig. 11. Bathymetry of the study area (IDEIB).*

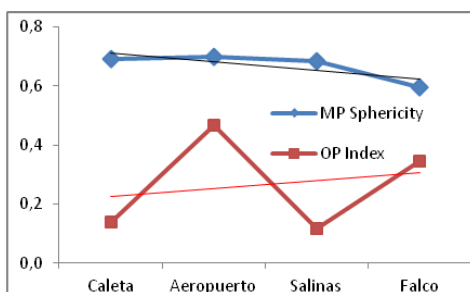
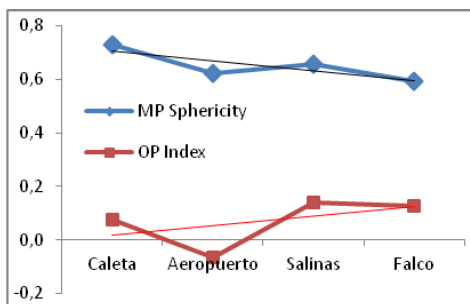
dels còdols sobre el pendent de la platja, tant a la zona de romponents com a la zona de batuda de l'onatge (Figs. 6 i 12).

A la Fig. 12, també es pot apreciar la tendència d'ambdues bermes: l'arrodoniment s'incrementa de sud-est (Cap Falcó) cap al nord-oest (sa Caleta), mentre l'Índex O-P decreix. Així mateix, el material de la berma superior presenta una relació esfericitat-mida més elevada que el de la berma inferior (Fig. 7). Representa un menor moviment de còdols, ja que es veuen menys afectats per l'acció de l'onatge, que és més efectiu a la zona de batuda (*swash zone*).

El material que és transportat per la deriva litoral procedeix doncs, dels penya-segats margo-calcaris del Juràssic superior de ses Penyes Roges que constitueixen la seva font d'alimentació. Aquests penya-segats estan patint un procés erosiu, tant per acció de l'onatge a la seva base, que provoca la seva inestabilitat, com per la seva fracturació per processos distensius a

la part superior. Tot això contribueix al seu desmantellament i en conseqüència a assortir de material a la platja des Codolar (Fig. 13). Aquest material després s'ha anat redistribuint al llarg de la platja per l'onatge i la corresponent deriva, i ha desenvolupat un cordó litoral que separa el mar de l'aiguamoll interior, que posteriorment ha facilitat una explotació de sal.

A mesura que ens desplacem cap al nord-oest, l'arrodoniment s'incrementa, de la mateixa manera com passa amb l'esfericitat (Fig. 10), documentant el sentit de la deriva litoral cap sa Caleta. També es manifesta en l'increment de còdols esfèrics en l'estació de sa Caleta com a resultat de processos d'abrasió més dilatats (Fig. 8).



**Fig. 12.** Evolució dels índex d'arrodoniment i de l'Oblat-Prolat a la berma superior (a dalt) i a la berma inferior (a baix).

*Fig. 12. Evolution of the roundness and O-P indexes in the upper berm (upper graph) and in the lower berm (lower graph).*

Tant l'arrodoniment com l'esfericitat són més elevats en la berma superior a totes les estacions, excepte a Salines. Això indicaria un major retreballament dels còdols que apunta a un més prolongat temps d'exposició a la deriva i l'onatge.

Els canvis més importants en l'arrodoniment de les partícules, l'esfericitat i la mida, generalment ocorren en les zones de transport del sediment més properes a la font d'alimentació del sistema.

Observacions tant al laboratori com en el camp, han mostrat com l'increment en l'arrodoniment i una disminució de la mida del còdol, a causa de l'abradió i el desgast, tendeix a ser progressiu en el sentit del flux (Stanley i So, 2006). Aquest comportament pot ser extrapolat a aquest sistema.

Tanmateix, tant en les observacions de camp, incloent la fotogrametria, com en l'anàlisi textural s'observa una anomalia en la tendència general que se situa preferentment a l'estació de Salines i que en algun cas s'estén a la de l'Aeroport.

Les hipòtesis que explicarien aquest fenomen poden obeir al fet que el procés d'ensorrament, retraballament i deriva sedimentària no s'hagi produït en un únic episodi. Tot indica que un segon o posterior esdeveniment hauria tingut lloc i que s'està manifestant com a mínim fins a l'estació de Salines.

Les dades anòmales de l'estació Aeroport poden interpretar-se en aquest mateix sentit o com a efecte de la construcció de les pistes aeroportuàries. Cal determinar també, els efectes que un petit torrent, avui en dia desviat i canalitzat al NNW de les pistes, va tenir o té encara en les esmentades anomalies.

A partir de les dades de camp i la seva anàlisi posterior, s'ha elaborat la possible formació de la platja des Codolar, que es mostra a la Fig. 14. Es parteix d'una situació inicial on el mar penetrava fins a

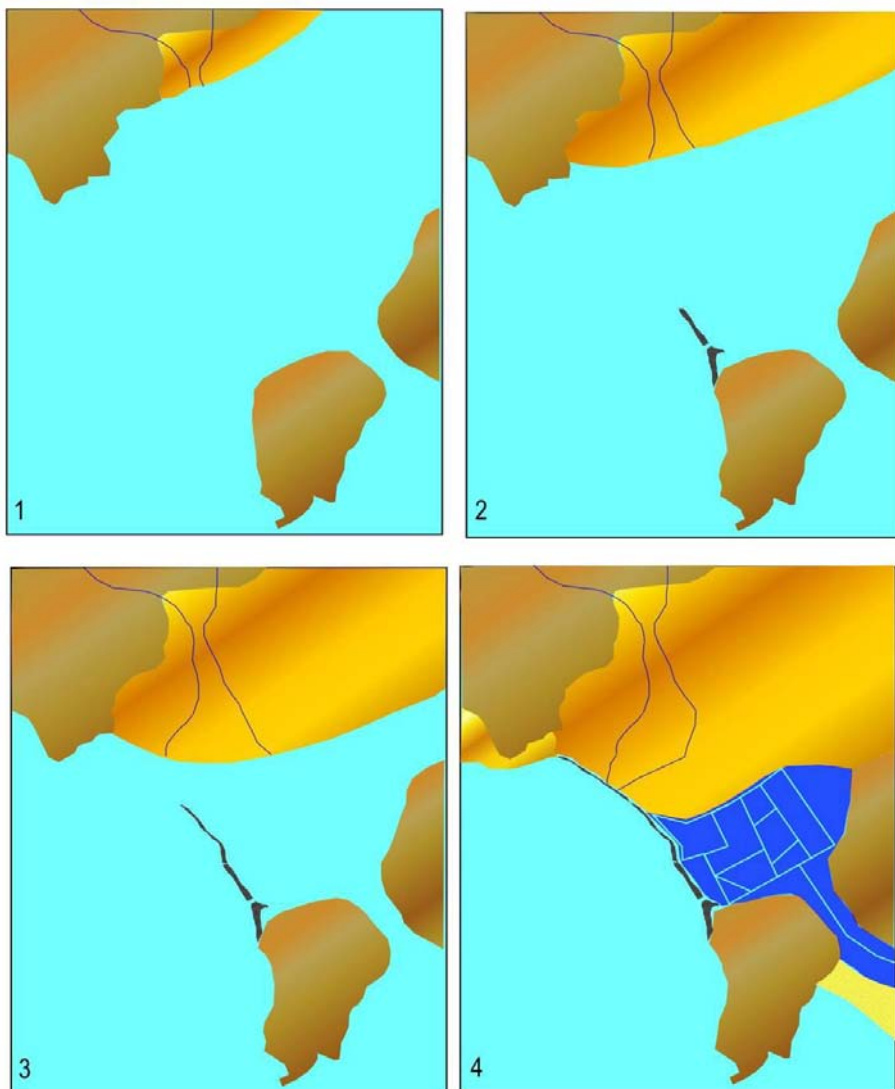


**Fig. 13.** Vista aèria dels penya-segats de ses Penyes Roges, on es pot apreciar una fractura en superfície. La mateixa fractura des del penya-segat.

**Fig. 13.** Aerial view of Penyes Roges cliffs (cap Falcó), where a fault outcropping in the surface can be observed. Close view of the fault on the cliff.

l'interior, quedant la península del cap Falcó com una illa. A partir de l'erosió del Penyal des Puig des Falcó, es comença a aportar material al peu del penya-segat i l'onatge comença a formar una barra de còdols que arrenca de la base del mateix i que s'estén afavorida per la deriva litoral cap al NNW.

Mentrestant, al sector nord, continua l'avanç d'un ventall al·luvial en direcció sud procedent de la serralada del Puig d'en Palleu (García *et al.*, 2009), i afavorida per la presència de dos torrents que arrosseguen material fins al mar (Fig. 1).



**Fig. 14.** Model evolutiu de la formació de la platja des Codolar.

**Fig. 14.** *Evolutionary model of the formation of the shingle beach of es Codolar.*

En el següent episodi, continua l'avanç del ventall al·luvial, mentre un nou episodi erosiu al Puig des Falcó, aporta nou material, que al seu torn és de nou arrossegat per la deriva litoral. Els perfils transversals realitzats en quatre seccions de

la platja (Fig. 4), també mostren unagradació en l'elevació i volum de cada un d'ells a mesura que ens desplaçem cap al nord-oest, però el perfil de Cap Falcó, mostra, a diferència de la resta, la presència de dues crestes, cadascuna de les quals

representa episodis diferents d'aportació de material. És notable la diferència entre el perfil més proper a la font d'alimentació (Cap Falcó) i el més allunyat de la mateixa (sa Caleta), tant en alçada, en extensió cap a terra i en la seva suavització.

Finalment, el ventall i la barra de còdols s'uneixen per formar una zona humida que posteriorment serà antropitzada per formar les actuals salines.

La presència de dos dipòsits eòlics, un d'ells desconnectat de la línia de costa (al costat del aeroport) i a una distància superior als 300 m del mar (Martín-Prieto *et al.*, 2011), reforça aquesta teoria, d'avanç d'un ventall al·luvial procedent de la serralada del Puig d'en Palleu i per tant d'una paleocosta.

En definitiva, la formació de la barra de còdols està clarament condicionada per la font d'alimentació, el puig des Falcó i la deriva litoral, que transporta i modela el sediment.

Finalment, aquest estudi s'hauria de completar amb una anàlisi del material a la zona submergida, una cartografia i anàlisi textural de diversos *overwash fans* ubicats entre les estacions de Cap Falcó i Salines, l'elaboració de nous perfils i una presa de mostres que abasti tot el perfil de platja, per tenir una visió de conjunt més acurada.

## Agraïments

El present article s'ha vist beneficiat pel projecte d'investigació CGL2010-18616 i per l'ajuda de la DG d'Universitats, Recerca i Transferència de Coneixements del Govern de les Illes Balears i a fons FEDER per a grups d'investigació competitiu de la UIB BIOGEOMED. A més també s'ha beneficiat de la beca d'investigació FPI atorgada pel Govern de les Illes Balears.

## Bibliografia

- Cheel, R. J. 2005. *Introduction to clastic sedimentology*. Dept. Earth Sciences, Brock University, Ontario, Canada.
- Dobkins, J.E. i Folk, R.L. 1970. Shape development o Tahiti-Nui. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40: 1167-1203.
- Espinosa, M. i Martínez, J. M. 2007. Variación morfológica y textural de una playa de cantos adosada a un importante relieve estructural (es Coll Baix, Serra de Tramuntana, N Mallorca). *In: Gómez-Pujol, L. i Fornós, J.J. (eds). Investigaciones recientes (2005-2007) en Gemorfología Litoral*. UIB, IMEDEA, SHNB, SEG, 95-99.
- Etienne, S. i Paris, R. 2010. Boulder accumulations related to storms on the south coast of the Reykjanes Peninsula (Iceland). *Geomorphology*, 114: 55-70.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas, Hemphill Publishing Company, 105p.
- García, A., Diaz, A., Gil, J., Cabra, P., Hernaiz, P., Zamorano, M., Gálvez, C. i Palacios J. 2009. *Mapa Geológico de España, E: 1:25.000 Eivissa, hoja 794 IV*, Segunda serie Primera edición. Instituto Geológico y Minero de España.
- Jennins, R. i Shulmeister, J. 2002. A field classification scheme for gravel beaches. *Marine Geology*, 186: 211-229.
- Martín-Prieto, J.Á., Espinosa, J., Roig-Munar, F.X., Vericad, M., Rodríguez-Perea, A., Torres, N., X. Pons, G.X. i Mir-Gual, M. 2011. Descripció del sistema dunar des Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 195-207.
- Planells, A. 1999. *Historia de Ibiza y Formentera*. Ed. Viana, Barcelona.
- Sneed, E.D. i Folk, R.L. 1958. Pebbles in the Lower Colorado River, Texas, a study in particle morphogenesis: *Journal of Geology*, 66: 114-150.
- Stanley, J. D. i So, V. 2006. Inconsistent grain roundness and sphericity trends and the Valley Wall Influx Factor: Between Alpine Source and Lake Shore, SE France. *Journal of Coastal Research*, 22 (3): 547-560.

Wadell, H. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 40: 443-451.

Wadell, H. 1933. Sphericity and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 41: 310-331.

Wadell, H. 1935. Volume, shape, and roundness of quartz particles. *Journal Geology*, 43: 250-279.

Zingg, T. 1935. Beiträge zur Schotteranalyse. Schweiz. *Min. pet. Mitt.*, 15: 39-140.



# Distribució i grau d'invasió de la formiga argentina (*Linepithema humile* Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) al Parc Natural de s'Albufera des Grau, Menorca (Illes Balears)

Silvia ABRIL i Crisanto GÓMEZ

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Abril, S. i Gómez, C. 2012. Distribució i grau d'invasió de la formiga argentina (*Linepithema humile* Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) al Parc Natural de s'Albufera des Grau, Menorca (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 63-73. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

La formiga argentina és una espècie exòtica invasora present a tots els ecosistemes mediterranis i subtropicals de tot el món. Es troba fortament lligada a zones urbanes o amb cert grau de perturbació antròpica, tot i que també és capaç d'envair zones naturals causant una greu afectació a la biodiversitat de la zona envaïda. A Menorca, la primera cita de la seva presència data del 1976. Al 2004 se la va detectar per primera vegada envaïnt una zona natural a l'illa, el Parc Natural de s'Albufera des Grau. L'objectiu d'aquest estudi és el de determinar la distribució i grau d'invasió d'aquesta espècie al Parc. Es van mostrejar 97 parcel·les d'1 ha en 8 zones diferents del Parc. D'aquestes, tan sols 15 es van trobar envaïdes per la formiga argentina, mostrant diferents graus d'invasió. Així mateix també es van detectar 4 fronts d'invasió. La presència i grau d'afectació de la plaga al Parc de s'Albufera des Grau sembla estar vinculada a quatre factors: 1) grau de cobertura arbòria, 2) proximitat a zones urbanes o amb cert desenvolupament urbanístic, 3) grau de freqüentació antròpica i 4) proximitat a zones humides. Els resultats d'aquest estudi permeten obtenir informació de base per tal d'elaborar estudis que permetin avaluar l'afectació real de la invasió en la biodiversitat de la zona.

**Paraules clau:** *formiga argentina, invasió zones naturals, Menorca, Parc Natural de s'Albufera des Grau.*

DISTRIBUTION AND DEGREE OF INVASION OF THE ARGENTINE ANT (*Linepithema humile* Mayr) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN THE S'ALBUFERA DES GRAU NATURAL PARK OF MINORCA (BALEARIC ISLANDS). The Argentine ant is an exotic invasive species present in all the Mediterranean and subtropical ecosystems of the world. It is closely associated to urban and human-disturbed areas, even though it can also invade natural areas causing a strong negative effect in the biodiversity of the invaded area. In Menorca, the first record of its presence was in 1976. In 2004 it was detected for the first time invading a natural area in the island, the s'Albufera des Grau Natural Park. The aim of this work is to determine both the distribution and degree of invasion of this species into the Park. To that effect, we sampled a total of 97 plots of 1 ha at 8 different areas across the Park. Of these, only 15 resulted invaded by the Argentine ant with different degrees of invasion. Additionally, we also detected 4 forefronts of invasion. Both the presence and degree of invasion into the s'Albufera des Grau Natural Park seems to be related to four factors: 1) degree of canopy cover, 2) proximity to urban or certain urban development areas, 3) degree of anthropic frequentness and 4) proximity to humid areas. The results obtained in this study allow getting basic information to elaborate further research about the real effects of the invasion in the biodiversity of the area.

**Keywords:** Argentine ant, invasion in natural areas, Minorca, s'Albufera des Grau Natural Park.

Silvia ABRIL, Àrea de Biologia Animal, Departament de Ciències Ambientals, Facultat de Ciències de Girona, Universidad de Girona, Grup de recerca PECAT, Campus Montilivi s/n, 17007, Girona; e-mail [silvia.abril@udg.edu](mailto:silvia.abril@udg.edu); Crisanto GÓMEZ, Àrea de Biologia Animal, Departament de Ciències Ambientals, Facultat de Ciències de Girona, Universidad de Girona, Grup de recerca PECAT, Campus Montilivi s/n, 17007, Girona.

Recepció del manuscrit: 15-jul-12; revisió acceptada: 21-oct-12

## Introducció

Les formigues són un dels grups animals més abundants i diversos de tot el regne animal. En conjunt s'estima que d'entre un 10 i un 15 per cent del total de la biomassa animal del planeta són formigues (Hölldobler i Wilson, 1990). El seu paper ecològic a l'ecosistema terrestre és clau, ja que actuen com a depredadores, carronyeres, detritívores i granívores (Hölldobler i Wilson, 1990). També funcionen com a espècies clau de diferents processos ecològics com la dispersió de llavors o la pol·linització, així com també són importants agents en la redistribució de nutrients i renovació i aireig del sòl (Hölldobler i Wilson, 1990).

La introducció accidental de formigues mitjançant el comerç en zones on aquestes no es troben presents pot motivar l'aparició d'invasions biològiques en aquelles espècies que siguin fortament adaptables. Seria el cas de la formiga argentina (*Linepithema humile* Mayr), considerada per la ISSG (Invasive Species Specialist Group, [www.issg.org/database/welcome](http://www.issg.org/database/welcome)) una de les 100 pitjors espècies invasores del món.

La formiga argentina és originària d'Amèrica del Sud (Tsutsui *et al.*, 2001) i gràcies al transport humà ha aconseguit envair ecosistemes mediterranis i subtropicals de tot el món (Passera, 1994; Suárez *et al.*, 1998; 2001; Roura-Pascual *et al.*,

2004). Presenta una gran predilecció per zones humanitzades i alterades (Suarez *et al.*, 1998), les quals funcionen com a focus d'invasió cap a zones naturals (Cole *et al.*, 1992; Human i Gordon, 1996; Holway, 1998; Carpintero *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2003). L'efecte ecològic de la invasió en aquestes zones ha estat profundament estudiat en tot el món. L'efecte més immediat i evident és el desplaçament de gairebé totes les espècies de formigues natives presents a les àrees afectades (Donnelly i Giliomee, 1985; Ward, 1987; Majer, 1994; Cammell *et al.*, 1996; Human i Gordon, 1996; 1997; 1999; Way *et al.*, 1997; Suarez *et al.*, 1998; Gómez *et al.*, 2003) a causa de la superioritat numèrica de la formiga argentina respecte la resta d'espècies de formigues, cosa que li permet trobar el recurs i monopolitzar-lo molt més ràpidament (Human i Gordon, 1996; Oliveras *et al.*, 2005). D'aquesta manera, aquesta espècie exòtica aconsegueix, a través de la competència per explotació i interferència (Hölldobler i Wilson, 1990), fer desaparèixer les espècies de formigues natives de les zones afectades. A més de l'efecte sobre la mirmecofauna de les zones afectades, aquesta espècie invasora també està implicada en la disminució de la diversitat i abundància d'altres espècies d'invertebrats a través de la depredació directa o de la competència pel recurs (Cole *et al.*, 1992; Human i Gordon, 1997; Bolger *et*

al., 2000; Huxel, 2000). El desplaçament d'aquests artròpodes implica sovint una repercussió negativa sobre processos ecològics fonamentals com la pol·linització (Visser *et al.*, 1996) o la dispersió de llavors (Bond i Slingsby, 1984; Gómez i Oliveras, 2003), i fins i tot s'ha vist que pot arribar a afectar a espècies situades a escales tròfiques superiors. Un exemple en seria la reducció de poblacions de vertebrats insectívors com la musaranya gris *Notiosorex crawfordi* (Coues) (Laakkonen *et al.*, 2001) o el llangardaix cornut de Califòrnia, *Phrynosoma coronatum blainvillei* Gray (Suárez *et al.*, 2000; Suarez i Case, 2002), les quals es veuen afectades per la invasió de formiga argentina a causa de la disminució en la població d'artròpodes dels quals s'alimenten.

A Menorca, la primera cita de la presència de la formiga argentina va ser l'any 1976 (Comín, 1977; 1988), tot i que es pensa que la seva introducció es va produir al mateix temps que a Mallorca, als anys 50 i a través del port de Maó (Comín i de Haro, 1980). L'any 2004 es va detectar per primera vegada al Parc Natural de s'Albufera des Grau, sobretot al voltant del centre d'interpretació (Gómez i Espadaler, 2005). Gómez i Espadaler (2005) van informar de la necessitat de controlar la invasió en aquesta zona natural, ja que diagnosticaren l'afectació de la invasió com de molt greu a l'illa. Des de llavors i fins l'actualitat, no hi ha constància de cap tipus d'estudi relacionat amb l'afectació de la invasió al Parc malgrat els múltiples efectes negatius que aquesta espècie invasora pot estar produint en la biodiversitat de la zona. La gestió de la invasió en una zona d'elevada importància natural com seria el Parc Natural de s'Albufera des Grau depèn de

la ubicació i grau d'invasió de la plaga al Parc. Per aquest motiu, el principal objectiu d'aquest estudi és el de determinar la distribució i el grau d'invasió de la formiga argentina a s'Albufera des Grau. Aquesta informació pot ser de gran utilitat a l'hora de dissenyar nous estudis encarats a controlar o prevenir la invasió i/o determinar el grau d'afectació de l'espècie sobre la biodiversitat de la zona.

## Materials i mètodes

S'Albufera des Grau es troba situada a la part nord-oriental de l'illa de Menorca. Va ser declarada Parc Natural l'any 1995. Al 2003 es va afegir la reserva marina i es va ampliar la superfície terrestre, assolint una totalitat actual de 5.067 hectàrees. La seva importància natural es troba vinculada especialment a les zones de gran interès botànic que conté i també a la seva importància com a refugi d'una gran diversitat d'aus (Sans, 2007). Una altra part rellevant del Parc és l'illa d'en Colom, que conserva molts endemismes botànics i faunístics.

Menorca també compta amb 19 zones declarades pel Govern Balear com àrees naturals d'especial interès (ANEI), i nombrosos llocs d'importància comunitària (LIC) i zones d'especial interès per a les aus (ZEPA) repartits per tota l'illa. Aquestes àrees juntament amb el Parc ocupen el 43,5% del territori insular, de manera que gairebé la meitat de l'illa es troba sota alguna figura de protecció oficial. Menorca va ser declarada Reserva de la Biosfera de la Unesco al 1993, integrant part de la Xarxa Mundial de Reserves de la Biosfera.

Es van mostrejar un total de 8 zones diferents dins el Parc (Fig. 1). Les zones

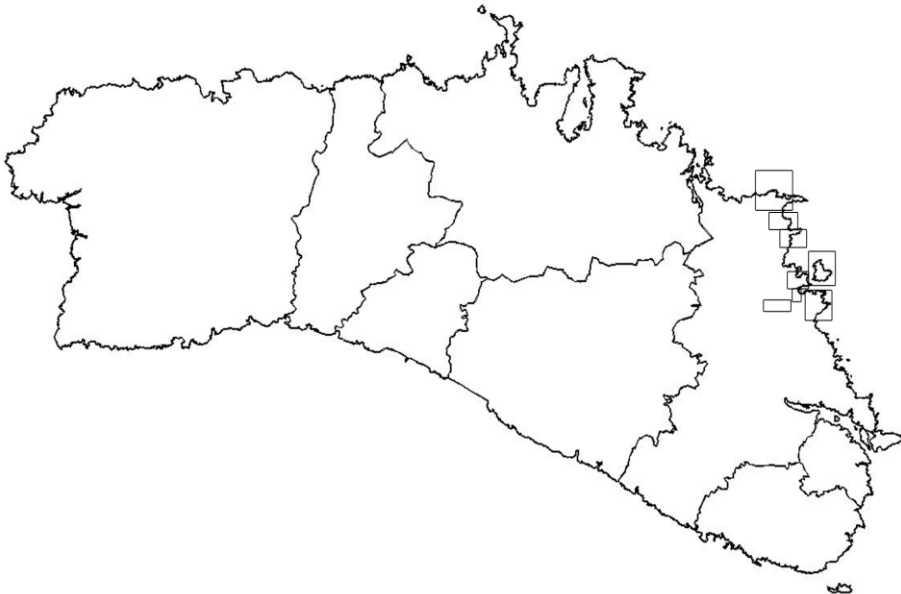
van ser seleccionades tenint en compte les categories de zonificació descrites al PRUG (Pla Rector d'Ús i Gestió) del Parc Natural de s'Albufera des Grau i de les reserves naturals de les Illes des Porros, s'Estany, la Bassa de Morella, es Prat i l'Illa d'en Colom. Les zones escollides estaven dins les tres principals àrees de protecció definides pel PORN (Pla d'Ordenació dels Recursos Naturals) del Parc: àrea de protecció estricta, àrea de conservació predominant i àrea de conservació.

Cada zona es va parcel·lar mitjançant quadrícules d'1 ha aproximadament, sumant un total per totes 8 zones de 100 parcel·les.

Entre juliol i agost de 2011 es va visitar cada una de les parcel·les a fi de determinar-ne la presència o absència de

formiga argentina. Les visites consistien en mostrejos observacionals de 15 minuts de durada dins cada una de les parcel·les. Es buscava a tots els llocs susceptibles de ser habitats per formigues (escorces d'arbres, sota pedres o fusta o fullaraca, al peu dels arbres, arbustos o plantes herbàcies...), així com també la busca de pistes de farratge al terra o tronc d'arbres o arbustos.

Es van mostrejar diferents biòtops. Els més característics en espadats eren la comunitat de socarrells (*Anthyllis hystrix* (Barceló) Cardona & al.; *Astragalus balearicus* Chater; *Dorycnium fulgurans* (Porta) Lassen; *Femeniasia balearica* (Rodríguez) Susanna i *Launaea cervicornis* (Boiss) F.Q. et Rothm), la comunitat de marina menorquina dominada pel llentiscle (*Pistacia lentiscus*



**Fig. 1.** Zones de mostreig al Parc Natural de s'Albufera des Grau.  
**Fig. 1.** Sampling sites along the s'Albufera des Grau Natural Park.

(Mastic)), el bruc (*Erica multiflora* L.) i el romani (*Rosmarinus officinalis* Linn.) i la comunitat de marina d'aladern menorquí (*Phillyrea latifolia* var *rodriguezii* (P. Monts). També es varen mostrejar comunitats dunars amb predominança del card marí (*Eryngium maritimum* L.) i el lliri de mar (*Pancreatum maritimum* L.), i en sistemes ben desenvolupats, savinars dominats per la sabina (*Juniperus phoenicea* L.). A les zones de la llacuna de s'Albufera i la Bassa de Morella es varen mostrejar comunitats típiques de zones humides amb presència de joncs (*Juncus acutus* L.) canyís (*Phragmites australis* (Cav.)), tamarells (*Tamarix africana* Poiret) i vegetació halòfita com les salicòrnies. En zones properes al mar exposades al Sol i al vent s'hi van mostrejar ullastrars (*Olea europaea* var. *sylvestris* (Miller)), i en menor grau boscos mixtos d'alzina (*Quercus ilex* L.) i pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.).

Un cop determinada la presència o absència de formiga argentina a les parcel·les mostrejades a l'anterior apartat, es va determinar el grau d'invasió a les parcel·les envaïdes mitjançant dos transectes a l'atzar de 30 metres. Es van situar esquers cada dos metres, assolint un total de 30 estacions de monitoratge per parcel·la envaïda. Els esquers van consistir en una barreja de melmelada i oli de girasol de llaunes de tonyina en conserva. Els esquers es van visitar una hora més tard, i es van anotar el nombre i espècie de formigues per esquer. En el cas d'esquers amb més de 100 obreres, tan sols s'anotava que l'abundància superava la centena d'individus.

Es van categoritzar les dades obtingudes aplicant un valor d'1 a 6 (1 menor grau d'invasió; 6 major grau d'invasió) depenent del nombre d'obreras a cada esquer. D'aquesta manera, el grau 1

corresponia a un valor d'entre 0 i 20 obreres; el grau 2: 20-40 obreres; el grau 3: 40-60 obreres; el grau 4: 60-80 obreres; el grau 5: 80-100 obreres i el grau 6: > 100 obreres. Una vegada categoritzat el nombre d'obreras per esquer es va calcular la mitjana pels dos transectes, el valor del qual constituïa l'estima del grau d'invasió de cada parcel·la envaïda.

## Resultats

### Distribució de la invasió de formiga argentina al Parc de s'Albufera des Grau

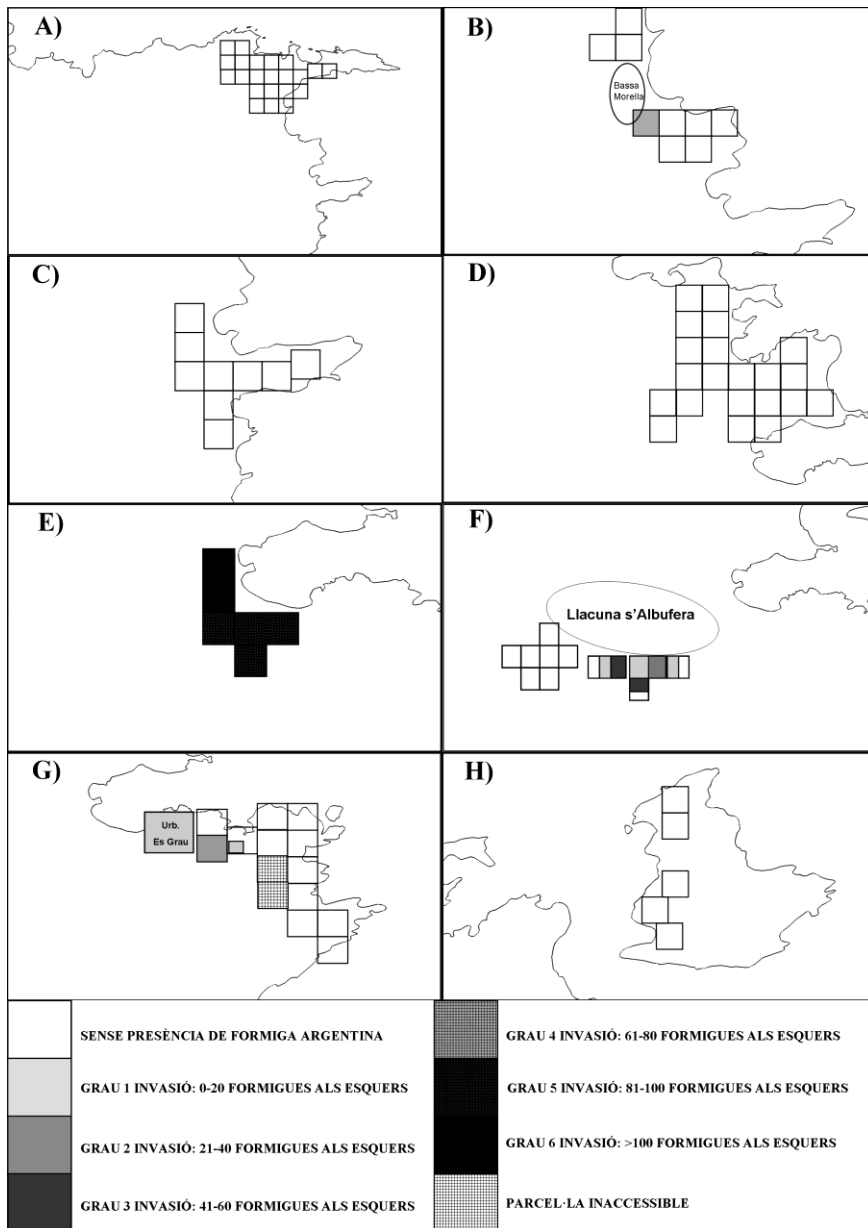
Es van mostrejar un total de 97 parcel·les de les 100 inicialment planejades a causa de la inaccessibilitat de 3 d'elles (Fig. 2G). D'aquestes, només es va detectar presència de formiga argentina a 15 (Fig. 2B, E, F, G). La presència de l'espècie invasora en aquestes parcel·les sembla lligada al grau de freqüentació de la zona així com a la presència de cobertura arbòria.

### Grau d'invasió de la formiga argentina

Es van detectar diferents graus d'invasió a les diferents parcel·les mostrejades amb presència de formiga argentina (Fig. 2).

La zona envaïda de la Bassa de Morella presenta un nivell d'invasió moderat (Fig. 2B). Així mateix, la zona envaïda a prop de la urbanització des Grau (Fig. 2G), també presenta un nivell d'invasió lleu-moderat. En aquesta zona, la invasió sembla procedir de la urbanització introduint-se cap a la zona sense urbanitzar ubicada a l'est, en la qual s'hi pot trobar un dels quatre fronts d'invasió detectats en aquest estudi.

La resta de zones envaïdes es trobaven pròximes a les àrees humides i canyissars



**Fig. 2.** Grau d'invasió de la formiga argentina a les 8 zones mostrejades del Parc.

**Fig. 2.** Degree of invasion of the Argentine ant at each of the sampling sites of the Park.

del Parc (Fig. 2E, F). Aquestes zones coincideixen plenament amb els itineraris de senderisme per a l'observació d'aus (itineraris 1 i 2) del Parc. La invasió en aquesta zona sembla que es troba en perillosa expansió, tant en direcció est com oest, cosa que demostren els diferents fronts d'invasió detectats en aquestes parcel·les (Fig. 2F). Pel què fa a l'itinerari 3 del Parc, el qual passa per darrera de la platja des Grau, és el que presenta un grau més elevat d'invasió (Fig. 2E).

Quant a la darrera àrea de protecció estricta mostrejada, s'Illa de Colom, els resultats obtinguts en aquest estudi indiquen que no hi ha presència de la invasió a aquesta zona, probablement a causa del seu aïllament (tan sols s'hi pot arribar per mar), fet que limita la seva freqüentació, i per tant, probabilitats d'invasió (Fig. 2H).

## Discussió

La presència de la formiga argentina al Parc Natural de s'Albufera des Grau de Menorca es va detectar per primera vegada l'any 2004 per Gómez i Espadaler (2005). La van ubicar en gran abundància a zones properes al centre d'interpretació de la reserva i a una zona de pinedes i dunes, probablement la que es troba ubicada darrera la platja de es Grau. Cinc anys més tard, Guillem (2009) afirma que la va trobar "per totes parts dins la reserva i especialment a l'entrada del Parc". Els resultats d'aquest estudi, en canvi, indiquen que, si bé la formiga argentina es presenta en gran abundància en determinades zones del Parc (sobretot en les citades als dos estudis anteriors), en realitat la seva presència és inesperadament escassa. Així, de 97 parcel·les visitades, només se l'ha detectat

en 15. D'altra banda, la invasió es troba estretament associada a l'activitat humana, envaint sobretot ambients ecològicament degradats (urbanitzacions, ciutats, pobles, finques, camps de golf, etc.) (Comín del Río i de Haro, 1980; Gómez i Espadaler, 2005; Guillem, 2009). En conjunt, totes aquestes zones actuen com a reservori de la plaga i potencials focus d'expansió a zones naturals properes. Malgrat tot, els resultats obtinguts en aquest estudi semblen indicar que la formiga argentina té una gran dificultat per envair zones naturals poc alterades, ja que no se l'ha trobat en zones naturals allunyades de nuclis urbans dins el Parc. Aquest patró d'invasió també s'ha observat al Parc Nacional de Doñana, on l'expansió de la invasió fora de zones habitades es veu limitada fonamentalment pel caràcter xerofític de la zona (Carpintero, 2001). Fora de la Península Ibèrica també s'ha observat aquesta tendència, concretament a Arizona, on la invasió es troba fortament associada a zones amb desenvolupament urbanístic sense endinsar-se a zones naturals a causa de la intolerància de l'espècie per les zones àrides (Suarez *et al.*, 2001). Així, les poques zones naturals envaïdes per l'espècie al Parc es troben en zones amb una superior humitat del sòl proporcionada o bé per la proximitat de zones humides, o bé per la presència de cobertura arbòria, la qual sembla ser que actua com a regulador de la humitat del sòl a nivells acceptables per la supervivència de l'espècie (Díaz *et al.* en premsa). D'altra banda, la proximitat a zones urbanes o finques, les quals funcionen com a focus de la invasió cap a zones naturals properes, també propiciarien la invasió a zones naturals del Parc. D'aquesta manera, els factors claus que propiciarien la presència i expansió de la plaga al Parc Natural de s'Albufera des Grau serien

quatre: 1) grau de cobertura arbòria, 2) proximitat a zones urbanes o amb cert desenvolupament urbanístic, 3) grau de freqüentació antròpica i 4) proximitat a zones humides. Així, el grau d'invasió dependrà bàsicament de la combinació d'aquests quatre factors. El màxim grau d'invasió detectat en aquest estudi (el de la pineda situada darrera la platja des Grau), presentaria els quatre factors, fet que explicaria l'elevada afectació de la invasió en aquesta zona.

Així doncs, i tenint en compte els resultats obtinguts en aquest estudi, semblaria que el nivell d'afectació de la formiga argentina al Parc de s'Albufera des Grau seria més aviat baix tenint en compte que n'afecta només una petita part. Però si tenim en compte la importància natural de les zones envaïdes, hauriem de considerar la invasió com una greu pertorbació natural al Parc per diverses raons. En primer lloc aquestes zones presenten una gran importància natural perquè contenen diverses espècies de flora protegida i també perquè funcionen com a reservori natural d'aus hivernants i nidificants. La formiga argentina pot afectar negativament la condició física dels polls d'aus insectívores en desplaçar als artròpodes dels quals s'alimenten (Roca, 2005), així com depredar polls al propi niu en zones amb un elevat grau d'invasió (Newell i Barber, 1913; Swoboda i Miller, 2003). En definitiva, totes aquestes evidències indiquen que la presència de formiga argentina en aquestes zones protegides del Parc podrien provocar un impacte negatiu en aus protegides, sobretot en aquelles nidificants que aportin insectes als polls en època reproductora.

D'altra banda, el seu efecte en la comunitat d'artròpodes també podria repercutir negativament en altres vertebrats protegits de les illes amb

alimentació bàsicament insectívora tal i com ha passat en zones de Califòrnia amb el llargardaix cornut (*Phrynosoma coronatum blainvillei* Gray) (Suarez *et al.*, 2000; Suarez i Case, 2002). Seria el cas del mamífer endèmic balear *Crocidura suaveolens balearicus*. Pel que fa a la sargantana balear (*Podarcis lilfordi balearica*; *Podarcis lilfordi addaiae* i *Podarcis lilfordi carbonerae*), la seva dieta bàsicament insectívora també la fa vulnerable a la invasió de formiga argentina. El fet que aquesta espècie es trobi actualment present únicament en illots perifèrics de les illes de Mallorca i Menorca implica que la repercussió de la formiga argentina es produiria tan sols a nivell dels illots que poguessin resultar infectats per la invasió. En el cas concret de l'Illa d'en Colom, la qual ha resultat no estar envaïda per la formiga, la gestió de la zona s'hauria d'encarar a la vigilància periòdica i prevenció per evitar-ne l'entrada. Aquestes accions ajudarien a protegir-ne l'entorn i sobretot les poblacions de sargantana balear que s'hi troben presents. També s'ha detectat un efecte negatiu de la invasió en insectes pol·linitzadors, que es veuen desplaçats en monopolitzar les plantes de les quals obtenen el seu aliment. En alguns casos fins i tot s'ha arribat a observar la depredació directa d'abelles de l'espècie *Hylaeus volcanica* per part de la formiga argentina a Hawaii (Cole *et al.*, 1992). En aquest cas, qualsevol planta amb pol·linització mitjançant insectes pot veure's afectada per la invasió, així com també les poblacions dels propis insectes pol·linitzadors. Existeixen tres espècies d'himenòpters pol·linitzadors al Parc de s'Albufera des Grau que en ser endèmiques de les Illes Balears són considerades espècies de fauna prioritària i d'interès natural segons el PRUG:



*Anthopora balearica*, *Chalicodoma sicula balearica* i *Eucera numida balearica*. Totes tres poden veure's també afectades per la invasió de formiga argentina al Parc, o bé per la depredació directa sobre els individus com en el cas de l'espècie *Hylaeus volcanica*, o bé per competència indirecta pel recurs.

En general, el caràcter insular i la fragilitat dels seus ecosistemes fan que les conseqüències de la presència i expansió de la formiga argentina al Parc de s'Albufera des Grau de Menorca puguin fins i tot ser més greus que les descrites per a zones continentals envaïdes. Per aquest motiu, es fa indispensable la realització d'estudis que avaluin l'impacte real de la invasió sobre els ecosistemes envaïts, sobretot pel que fa a espècies protegides.

En conclusió, els resultats d'aquest estudi aporten informació de base per a la realització d'estudis sobre l'efecte de la invasió al Parc gràcies a la detecció de diversos fronts d'invasió i ubicació de les zones actualment envaïdes. La detecció dels fronts d'invasió en particular també permetria poder dur a terme estudis sobre la dinàmica d'expansió de la invasió. Aquests estudis poden ser molt útils per avaluar l'efecte de la gestió de la plaga en aquestes zones, ja que permetria poder detectar variacions en el seu ràtio d'expansió.

## Agraïments

Volem agrair a la Secció de Protecció d'Espècies i als Espais de Natura Balear de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears l'expedició de les llicències pertinents per al mostreig i captura d'espècimens al Parc (referència: CAP 02/2011). També volem agrair a K.

Gómez la seva mediació davant els responsables de la Conselleria de Medi Ambient de les Illes Balears per tal de sol·licitar les autoritzacions pertinents. A A. Rodríguez per la seva col·laboració en la planificació i mostreig d'aquest estudi.

Aquest estudi ha estat finançat pel MICINN i UE-FEDER (CGL2010-16451).

## Bibliografia

- Bolger, D.T., Suarez, A.V., Crooks, K.R., Morrison, S.A. i Case, T.J. 2000. Arthropods in urban habitat fragments in southern California: area, age and edge effects. *Ecol. Appl.*, 10: 1230-1248.
- Bond, W. i Slingsby, P. 1984. Collapse of an ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorous Proteaceae. *Ecology*, 65: 1031-1037.
- Cammell, M.E., Way, M.J. i Paiva, M.R. 1996. Diversity and structure of ant communities associated with oak, pine, eucalyptus and arable habitats in Portugal. *Insectes Soc.*, 43: 37-46.
- Carpintero, S. 2001. *Repercusión de la hormiga argentina (Linepithema humile) en el Parque Nacional de Doñana*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Inèdita.
- Carpintero, S., Reyes-López i Arias de Reyna, L. 2005. Impact of Argentine ants (*Linepithema humile*) on an arboreal ant community in Doñana National Park, Spain. *Biodiversity Conserv.*, 14: 151-163.
- Cole, F.R., Medeiros, A.C., Loope, L.L. i Zuehlke, W.W. 1992. Effects of the Argentine ant on arthropod fauna of Hawaiian high-elevation shrubland. *Ecology*, 73: 1313-1322.
- Comín del Río, P. 1977. *Los Formicidos de Menorca. Contribución al estudio taxonómico, geográfico y biológico*. Tesina de licenciatura, Universidad de Salamanca: 135 pp.
- Comín del Río, P. 1988. *Estudio de los formicidos de Baleares. Contribución al estudio taxonómico, geográfico y biológico*.

- Tesis Doctoral, Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca: 457 pp.
- Comín del Río, P. i De Haro Vera, A. 1980. Datos Iniciales para un Estudio Ecológico de las Hormigas de Menorca (Hym. Formicidae). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 24: 23-28.
- Díaz, M., Abril, S., Enríquez, M.L. i Gómez, C. 2013. Where to move when it gets cold: winter nesting sites attractive to the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecol. News*, 18: 51-58.
- Donnelly, D. i Giliomee, J.H. 1985. Community structure of epigeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in fynbos vegetation in the Jonkershoek Valley. *J. Entomol. Soc. South Afr.*, 48: 247-257.
- Gómez, K. i Espadaler, X. 2005. *La Hormiga Argentina (Linepithema humile) en las Islas Baleares. Listado preliminar de las hormigas de las Islas Baleares*. Documentos Técnicos de Conservación, 13. Conselleria de Medi Ambient, 68 pp.
- Gómez, C. i Oliveras, J. 2003. Can the Argentine ant (*Linepithema humile*, Mayr) replace native ants in myrmecochory? *Acta Oecol.*, 24: 47-53.
- Gómez, C., Pons, P. i Bas, J.M. 2003. Effects of the Argentine ant *Linepithema humile* on seed dispersal and seedling emergence of *Rhamnus alaternus*. *Ecography*, 26: 532-538.
- Guillem, R. 2009. A survey of the ants of Minorca (Hymenoptera: Formicidae) with two new species for the island: *Hypoponera punctatissima* (Roger, 1859) and *Temnothorax algericus* (Forel, 1894). *Bol. Asoc. Esp. Entomol.*, 33: 447-460.
- Hölldobler, B. i Wilson, E.O. 1990. *The ants*. Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts.
- Holway, D.A. 1998. Factors governing rate of invasion. A natural experiment using Argentine ants. *Oecologia*, 115: 206-212.
- Human, K.G., i Gordon, D.M. 1996. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia*, 105: 405-412.
- Human, K.G. i Gordon, D.M. 1997. Effects of Argentine ants on invertebrate biodiversity in northern California. *Conserv. Biol.*, 11: 1242-1248.
- Human, K.G. i Gordon, D.M. 1999. Behavioral interactions of the invasive Argentine ant with native ant species. *Insectes Soc.*, 46: 159-163.
- Huxel, G.R. 2000. The effect of the Argentine ant on the threatened valley elderberry longhorn beetle. *Biol. Invasions*, 2: 81-85.
- Laakkonen, J., Fisher, R. i Case, T.J. 2001. Effect of land cover, habitat fragmentation and ant colonies on the distribution and abundance of shrews in southern California. *J. Anim. Ecol.*, 70: 776-788.
- Majer, J.D. 1994. Spread of Argentine ants (*Linepithema humile*), with special reference to Western Australia in: D.F. Williams (ed.). *Exotic ants: biology, impact, and control of introduced species*. Westview Press, Colorado, USA. 163-173.
- Newell, W. i Barber, T.C. 1913. *The Argentine ant*. USDA. Bureau of Entomology Bulletin 122: 1-98 pp.
- Oliveras, J., Bas, J.M., Casellas, D. i Gómez, C. 2005. Numerical dominance of the Argentine ant vs native ants and consequences on soil resource searching in Mediterranean Cork-oak forest (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45: 643-658.
- Passera, L. 1994. Characteristics of tramp species in: *Exotic Ants: Biology, Impact and Control of Introduced Species*. (ed. by, D.F. Williams), pp. 23-43. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- Roca, J. 2005. Efectes de la formiga argentina (*Linepithema humile*) en la reproducció i condició física de la mallarenga blava (*Parus caeruleus*). pp 7-8. *Notícies de l'ICHN* 59 (Maig-Juny).
- Roura-Pascual, N., Suarez, A.V., Gómez, C., Pons, P., Touyama, Y., Wild, A.L. i Peterson, A.T. 2004. Geographical potential of Argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 271: 2527-2534.

- Sans, S. 2007. *La guia del medi ambient de Menorca*. GOB Menorca.
- Suarez, A.V., Bolger, D.T. i Case, J.T. 1998. Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California. *Ecology*, 79: 2041-2056.
- Suarez, A.V. i Case, T.J. 2002. Bottom-up effects on persistence of a specialist predator: ant invasions and horned lizards. *Ecol. Appl.*, 12: 291-298.
- Suarez, A.V., Richmond, J.Q. i Case, T.J. 2000. Prey selection in horned lizards following the invasion of the Argentine ants in southern California. *Ecol. Appl.*, 10: 711-725.
- Suarez, A.V., Holway, D.A. i Case, T.J. 2001. Patterns of spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: insights from Argentine ants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 98: 1095-1100.
- Swoboda, L. i Miller, D. 2003. *Argentine Ant*. Virginia Cooperative Extension: Entomology, Publication 445-285: 1-2
- Tsutsui, N.D., Suarez, A.V., Holway, D.A. i Case, T.J. 2001. Relationships among native and introduced populations of the Argentine ant (*Linepithema humile*) and the source of introduced populations. *Molecular Ecology*, 10: 2151-2161.
- Visser, D., Wright, M.G. i Giliomee, J.H. 1996. The effect of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae), on flower-visiting insects of *Protea nitida* Mill. (Proteaceae). *Afr. Entomol.*, 4: 285-287.



# Anàlisi de la mortalitat de vertebrats a les carreteres de Menorca

Francesc X. ROIG-MUNAR, Guillem X. PONS i Eulàlia COMAS LAMARCA

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Roig-Munar, F.X., Pons, G.X. i Comas Lamarca, E., 2012. Anàlisi de la mortalitat de vertebrats a les carreteres de Menorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 75-98. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Al llarg de 2003 es va dur a terme un estudi per quantificar la mortalitat de fauna a la xarxa viària de l'illa de Menorca. L'estudi es va basar en els resultats de 4 campanyes de mostreig (hivern, primavera, estiu i tardor). Es van mostrejar 20 trams que incloïen tota la tipologia de vies rodades de l'illa, excloent-ne els camins i les pistes sense asfalt. Els trams de mostreig cobreixen 102,7 km (el 40% de les vies de l'illa) i la llargada mitjana de cadascun és de 5,1 km. En cada campanya de mostreig es recorria 3 vegades cada tram, de manera que es varen comptar amb 3 rèpliques per tram i per campanya. Entre rèplica i rèplica es varen deixar transcórrer entre 5 i 8 dies, seguint les metodologies estandaritzades per a aquest tipus d'estudis, i en funció de les condicions meteorològiques. Al llarg de les 4 campanyes realitzades es varen enretirar, en total, 1.895 individus atropellats. Del treball de camp i les estimacions realitzades es pot deduir que a les carreteres de Menorca moren anualment de l'ordre de 14.583 vertebrats víctimes d'atropellaments, la majoria dels quals són espècies d'ocells Passeriformes (més de 6.500) i eriçons *-Atelerix algirus-* (2.160).

**Paraules clau:** mortalitat de vertebrats, atropellament, xarxa viària, Menorca.

ANALYSIS OF THE VERTEBRATES MORTALITY IN THE ROADS OF MENORCA. Throughout 2003, a study was conducted to quantify the mortality of wildlife on the roads of the island of Menorca. The study was based on the results of 4 sampling campaigns (winter, spring, summer and fall). 20 different sectors were sampled, covering the 5 main types of the road network on the island, excluding rural and unpaved road. All sampling sectors cover 102.7 km (40% of the roads on the island) with an average length 5.1 km each. Each sampling campaign supposed a 3 times tracking of each sector, so that we had 3 replicates per campaign and per sector. Replications took place after 5 to 8 days following the standardized methods for such studies, and depending on weather conditions. After 4 campaigns, we registered a total amount of 1,895 individuals run over. From field work and estimates we can state that 14,583 vertebrates die annually in road accidents, most of which species of birds Passeriformes (over 6,500) and hedgehogs *-Atelerix algirus-* (2,160).

**Keywords:** mortality of vertebrates, killroad, road network, Menorca.

Eulàlia COMAS LAMARCA, Francesc X. ROIG-MUNAR QUATRE, consultoria ambiental, Carrer Carritxaret 18-6, Es Migjorn Gran, Menorca; Guillem X. PONS, Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears, Carretera Valldemossa km 7,5, Palma. i Institut Menorquí d'Estudis, camí des Castell, 28; 07702 Maó. e-mail: guillemx.pons@uib.es

Recepció del manuscrit: 03-jun-12; revisió acceptada: 08-nov-12

## Introducció

Les carreteres estan dissenyades per unir a les persones però separen als animals silvestres i fragmenten les poblacions que els habiten. Les infraestructures viàries són barreres que compliquen el trànsit de fauna salvatge i domèstica.

El 1999 es va estimar que un 1,3% (6.500 km<sup>2</sup>) de la superfície del territori de l'estat espanyol se trobava ocupat per infraestructures de transport (Rosell i Álvarez, 2003; Álvarez, 2003). Més concretament, una anàlisi de la intersecció de la longitud d'autopistes, autovies i carreteres nacionals amb espais declarats ZEPA, LIC i Espais Naturals Protegits de 2001 (Rosell i Álvarez, 2003) va donar un valor de 3.758 km, xifra actualment deu ser molt superior. Els hàbitats de ribera i les zones humides són els més afectats. L'efecte barrera es produeix per la mortalitat sobre la via, per les pertorbacions que les infraestructures provoquen i l'impediment físic, o per influència i els canvis en les conductes dels animals que viuen al seu entorn. Segons Cupul (2002), a l'estat espanyol moren no menys de 10 milions de vertebrats cada any.

Els camins i les carreteres són infraestructures que fragmenten els hàbitats i poden repercutir seriosament en la biodiversitat d'una determinada àrea. Alguns dels impactes directes de camins i carreteres són: la pèrdua i alteració de l'hàbitat, la mortalitat dels animals a les carreteres, els abocaments de substàncies contaminants i l'efecte barrera que dificulta l'intercanvi de les poblacions silvestres (Forman i Alexander, 1998, Jacobson, 2005) així com la conducta reproductiva de distintes espècies (Birkan *et al.*, 1994). La mort d'animals silvestres sobre les carreteres és un fenomen generalitzat. S'han fet estimacions de mortalitat, i per exemple, als

Estats Units s'estima com un dels 5 primers impactes negatius sobre els aucells amb projeccions entre els 60 i 80 milions d'aucells morts a l'any (Erickson *et al.*, 2005; USFWS, 2002), i per al mateix país, si se fa la projecció de fauna en general, el Centre d'Investigació per a la Vida Silvestre ha estimat que diàriament és atropellat un milió d'animals a totes les autopistes del país (Noss, 2002).

Es poden trobar molts d'altres exemples de treballs realitzats de per tot el món sobre la mortalitat de carreteres. Àdhuc d'alguns invertebrats com les papallones diürnes es poden adoptar mesures per a la seva protecció mitjançant pantalles laterals o establint controls a les carreteres per reduir velocitat, com és el cas de Mèxic (Zitácuaro, Michoacán) regió en la que és un santuari per a les papallones monarca (*Danaus plexippus*).

A les Balears, Muntaner (2004) ha esmentat la preocupació per l'increment, modernització i ampliació de la xarxa viària i les conseqüències que s'en deriven amb l'atropellament de *Bufo viridis*. Aquest autor indica que aquest factor és molt important a totes les illes, però especialment a Mallorca i Eivissa.

Part de l'estudi que presenta aquest article ja es va donar a conèixer per Roig-Munar *et al.* (2004) i Comas *et al.* (2004). Es va dur a terme per encàrrec de l'Àrea de Carreteres del Consell Insular de Menorca i es presenta tota la informació obtinguda durant el treball de camp, que es va dur a terme al llarg de l'any 2003, en quatre campanyes.

## Objectius

L'objectiu fonamental d'aquest treball fou el de quantificar la mortalitat de fauna a la xarxa viària de l'illa de Menorca.

L'estudi es basà en la realització de 4 campanyes de mostreig (hivern, primavera, estiu i tardor).

Els objectius concrets foren els següents: identificar els grups faunístics més afectats, caracteritzar la mortalitat associada als diferents tipus de carreteres que componen la xarxa viària bàsica, i avaluar-ne l'estacionalitat, identificar punts negres d'atropellaments i, per últim, establir una xarxa de trams de mostreig que pugui ser mostrejada en anys successius per obtenir dades comparables amb les d'aquest estudi.

Cal remarcar que quedava fora dels objectius d'aquest estudi la valoració de l'impacte que suposen els atropellaments per a cada espècie o grup faunístic, de manera que seria recomanable ponderar si les xifres trobades són molt o poc representatives per a les poblacions naturals de cadascun dels grups faunístics afectats.

## Metodologia

### *Caracterització dels trams de mostreig*

A principis del mes de gener de 2003 es van recórrer i caracteritzar els 20 trams de mostreig en els quals s'han dut a terme els censos estacionals d'atropellaments (Taula 1, Fig. 1). Per a cadascun dels trams es va elaborar una fitxa descriptiva i un mapa a escala 1:25.000, amb informació rellevant per interpretar les dades d'atropellaments: tipus de via (amplada, intensitat mitjana de vehicles -IMD-, secció tipus, presència d'obres de drenatge, etc.), l'hàbitat circumdant (presència de punts d'aigua, masses forestals, ANEIs, etc.), i els usos de sòl predominants. També es va georeferenciar amb precisió la situació dels individus atropellats. Tot i que les dades de mostreig corresponen a l'any 2003, la xarxa

viària i les IMD no han canviat en els darrers 10 anys.

Els 20 trams de mostreig suposen, en conjunt, 102,7 km de xarxa viària i cobreixen tota la tipologia de vies rodades de Menorca, excloent-ne els camins i les pistes sense asfalt. La llargada mitjana dels trams mostrejats és de 5,1 km. Es considera que cobreixen tota la tipologia de vies de comunicació de Menorca, tant pel que va als aspectes físics (amplada, traçat, usos del sòl circumdant, etc) com d'ús (velocitat mitjana, intensitat de circulació, etc.):

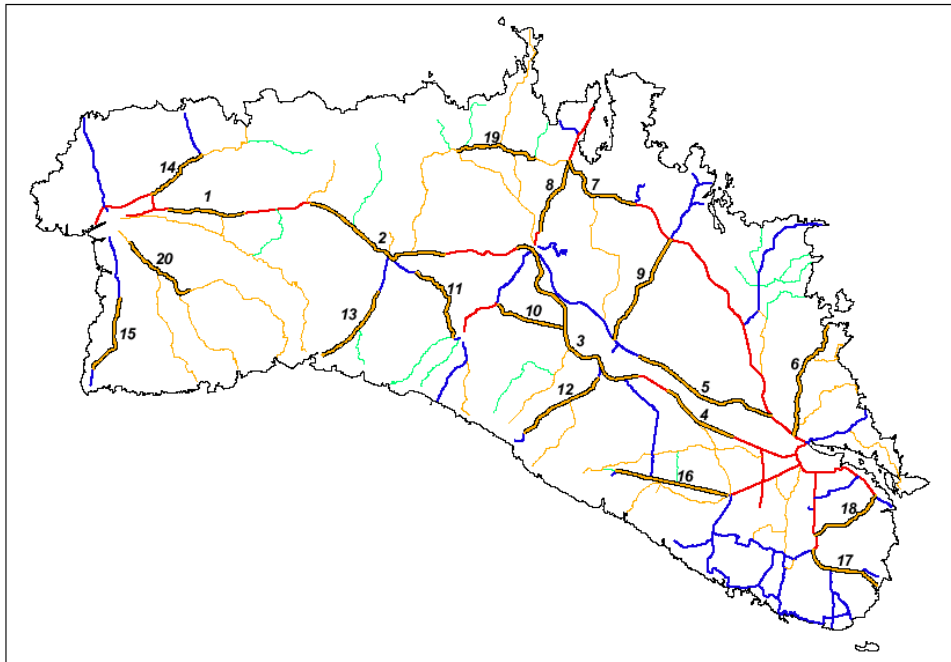
Vies principals (Vp): carreteres amples, de més de dos carrils, amb circulació de vehicles densa i ràpida. Aquest tipus correspon només a la carretera general (trams 1, 2, 3 i 4)

Vies residencials (Vr): carreteres d'amplada mitjana, que uneixen nuclis de població no eminentment turística; hi circulen cotxes tot l'any, sense que l'estacionalitat hi sigui marcada. A aquesta categoria pertany el camí d'en Kane, la carretera des Migjorn Gran a Ferreries i la de Sant Lluís as Castell (trams 5, 11 i 18).

Vies d'ús residencial-turístic (Vrt): trams que suporten circulació rodada tot l'any, d'intensitat baixa o mitjana, i que a l'estiu experimenten un increment considerable. És el cas de la carretera des Mercadal a Fornells i els trams 6, 7, 10, 15, 16 i 17.

Vies turístiques (Vt): vies d'amplada variable que solen presentar alta intensitat de circulació exclusivament a l'estiu. S'hi inclouen trams de la carretera de Son Bou i de Cala Galdana, entre altres. Trams inclosos: 9, 12, 13 i 14

Vies de lleure (Vll): vies de poca amplada que només accedeixen a platges o espais de lleure sense cap ús residencial. Són els camins de Tramuntana i de St. Joan de Missa (trams 19 i 20).



**Fig. 1.** Mapa de situació dels trams de carretera mostrejats.

*Fig. 1. Location of the sample road sections.*

1. Carretera Me-1 prop de Ciutadella (4 km)	2. Carretera Me-1 Pla Verd (8 km)
3. Ctra. Me-1 Es Plans (Mercadal - Alaior) (11 km)	4. Carretera Me-1 La Argentina (Alaior) (4 km)
5. Camí d'en Kane entre Alaior i Maó (8 km)	6. Carretera des Grau (6,2 km)
7. Ctra. Me-7, de Maó a Fornells (4,5 km)	8. Ctra. Me-13, des Mercadal a Fornells (4 km)
9. Ctra. de Binifabini (Alaior) (6 km)	10. Ctra. Me-16, d'Alaior as Migjorn Gran (3,9 km)
11. Ctra. Me-20 (Es Migjorn G.-Ferrerries) (4,2 km)	12. Ctra. de Son Bou (Alaior) (4,8 km)
13. Ctra. Ferreries-Cala Galdana (4,5 km)	14. Ctra. de Ciutadella a Cala Morell (3,4 km)
15. Ctra. de Cala en Bosch (4,4 km)	16. Ctra. de St. Climent a Cala en Porter (5,6 km)
17. Ctra. de S'Algar-Alcaufar (3,8 km)	18. Ctra. de St. Lluís as Castell (3,7 km)
19. Camí de Tramuntana (Es Mercadal) (4,5 km)	20. Camí St. Joan de Missa (Ciutadella) (4,2 km)

**Taula 1.** Zones de mostreig de les carreteres de Menorca analitzades i distància de cada tram.

*Table 1. Menorcan sampling roads analyzed and distance of each section.*

Per categories de vies, es va procurar que el mostreig fos representatiu; per això, un 31,5% dels quilòmetres mostrejats eren vies turístiques-residencials, un 26,3% principals, un 18% turístiques, un 15% residencials i un 8,5% de lleure.

### **Cens d'atropellaments**

Es van dur a terme 4 campanyes de mostreig. Cada campanya de mostreig suposa recórrer 3 vegades cadascun dels trams. Entre rèplica i rèplica es deixen passar entre 3 i 7 dies, seguint les metodo-



	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
R1	20, 21 i 22 .01.03	5 i 6.01. 03	12, 13, 14 i 15.08.03	30 i 31.10.03 1 i 2.11.03
R2	28 i 29.01.03	12 i 13.05.03	18, 19 i 20.08.03	5 i 6.11.03
R3	4 i 5.02.03	20 i 21.05.03	22, 23, 24 i 25.08.03	12 i 13.11.03

**Taula 2.** Dates de mostreig de les campanyes realitzades per a cada estació.

*Taula 2. Dates of sampling campaigns carried out for each season.*

metodologies estandarditzades per a aquest tipus d'estudis, i en funció de les condicions meteorològiques i de la intensitat de trànsit.

La primera rèplica (R1) és un recorregut de neteja, en què es deixa la calçada 'neta' de cadàvers; a les rèpliques següents (R2 i R3) es detecten (i retiren) els animals atropellats des de la rèplica anterior, per poder establir freqüències d'atropellaments. A cada animal mort se li assigna un número de registre i s'anota, com a mínim, el grup al qual pertany, l'espècie i el punt de la calçada on s'ha atropellat.

Els recorreguts es van fer en vehicle, a uns 20 km/h, recurrent cada tram en tots dos sentits, i amb la senyalització i les mesures de seguretat pertinents. L'equip de treball de camp estava integrat per dos membres com a mínim, i va comptar amb el suport de la Brigada de l'Àrea de Carreteres del Consell Insular de Menorca. Durant els dies de campanya, aquest servei només retirava de les calçades els animals atropellats que poguessin suposar un perill per a la circulació, i prenia nota de la localització i de l'espècie, tot proporcionant aquesta informació a l'equip de treball. Els serveis tècnics de l'Àrea de Carreteres, per la seva banda, van aportar les dades sobre IMD.

### Atropellaments totals

Al llarg de les 4 campanyes es varen enretirar un total de 1.895 individus atropellats. No tots van poder ser

identificats, ja que l'alt volum de circulació va fer que molts quedessin com a irreconeixibles, especialment els de les rèpliques R1, de neteja.

Els animals identificats es classificaven en 6 grans grups de vertebrats: ocells, rèptils (sargantanes, dragons, dragonets i serps), amfibis (calàpet, granot), mamífers lagomorfs (conill), mamífers carnívors (mostel, mart, moix, rata pinyada, ca) i micromamífers (ratolí, rata, rata sarda, musaranya, eriçó).

### Georeferenciació de les dades

Es va posar a punt una aplicació SIG específica per a aquest projecte, per georeferenciar cadascun dels atropellaments registrats. A cada cadàver trobat a la carretera se li ha assignava un registre en coordenades UTM. Aquestes dades, juntament amb d'altres (espècie, mida, estat de conservació, punt d'atropellament o de col·lisió, etc.), s'introdueixen en l'aplicació en qüestió.

En les fitxes elaborades, per a cadascun dels trams mostrejats, s'hi varen ressenyar els atropellaments de la campanya d'estiu, que és la que va donar unes xifres més elevades.

### Resultats

Els resultats de les 4 campanyes de mostreig fetes l'any 2003 es podem observar a la Taula 3.

	Hivern	Prima.	Estiu	Tardor
R1	27	60	452	292
R2	43	36	270	194
R3	31	22	215	253
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>118</b>	<b>937</b>	<b>739</b>
<b>Total Acumulat</b>	<b>101</b>	<b>219</b>	<b>1156</b>	<b>1895</b>

**Taula 3.** Nombre d'exemplars retirats.

**Table 3.** Number of specimens collected.

En aquests valors hi ha inclosos els avisos de la Brigada de Servei de Carreteres que anaven enretirant els exemplars morts que suposaven un perill per a la circulació. Els valors més elevats s'enregistraren a la campanya d'estiu, seguida de la de tardor, coincidint amb l'increment de la circulació de vehicles i de l'activitat biològica.

L'increment de circulació rodada durant l'estiu té un efecte directe sobre la

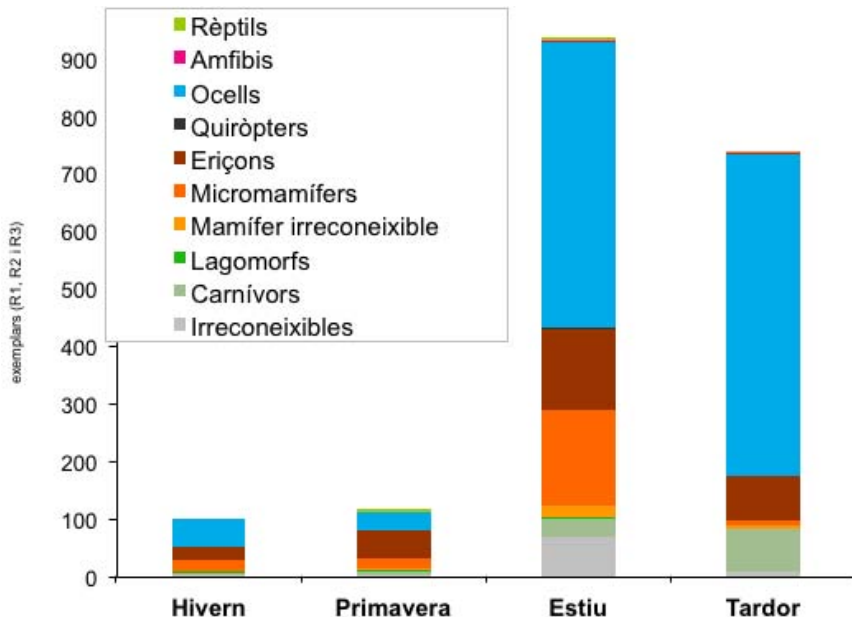
mortalitat de fauna: es passa de prop de 100 exemplars morts durant l'hivern i la primavera a més de 900 durant l'estiu.

### Resultats per grups faunístics

Al cap de l'any, els grups més afectats foren els ocells i els mamífers, que suposaren el 60% i el 34,7%, respectivament, dels 1.985 animals recollits en totes quatre campanyes. Entre els ocells, la gran majoria són passeriformes (>90 % dels ocells).

Dins els mamífers, el grup més afectat és el dels micromamífers (rosegadors i insectívors): rates, ratolins i eriçons suposen el 26,4% del total d'animals morts (el 76% dels mamífers atropellats).

A les campanyes d'hivern, estiu i tardor (principalment els passeriformes, entre els que destaquen busquerets i rupits), mentre



**Fig. 2.** Animals morts trobats en els trams de mostreig durant les campanyes de 2003.

**Fig. 2.** Dead animals found in the sections sampling campaigns during 2003.

que a la campanya de primavera els superen, en percentatge relatiu, els mamífers, i concretament els eriçons, que són el 41,5% dels animals atropellats durant aquesta estació.

Entre els mamífers, els micromamífers i els eriçons (*Atelerix algirus*) són els més abundants, i aquest darrer com a espècie més afectada.

Els rèptils, serps i tortugues, representen el 0,9%. La majoria dels exemplars s'han trobat a la primavera. A l'hivern no se'n va trobar cap, i a l'estiu i a la tardor se'n van trobar pocs (sempre menys d'un 1% dels atropellaments totals).

Els amfibis, que solen ser majoritaris en els estudis de censos d'atropellaments de fauna, només representen un 0,2%, de

	Hivern		Primavera		Estiu		Tardor		Total	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Ocells	50	49,5	32	27,1	495	52,8	560	75,8	1.137	60,0
Micromamífers	18	17,8	17	14,4	167	17,8	10	1,4	212	11,2
Eriçons	24	23,8	49	41,5	141	15,0	75	10,1	289	15,3
Carnívors	4	4,0	6	5,1	34	3,6	73	9,9	117	6,2
Lagomorfs	4	4,0	5	4,2	2	0,2	1	0,1	12	0,6
Quiròpters	-		-		2	0,2	-		2	0,1
Mamífers irrec.	-		2	1,7	19	2,0	6	0,8	27	1,4
Rèptils	-		6	5,1	8	0,9	4	0,5	18	0,9
Amfibis	-		-		2	0,2	2	0,3	4	0,2
Irreconeixible	1	1,0	1	0,8	67	7,2	8	1,1	77	4,1
TOTAL	101	100	118	100	937	100	739	100	1.895	100

**Taula 4.** Individus retirats per grups taxonòmics.

**Table 4.** Individuals removed by taxonomic groups.

Família	Espècie	Nom comú
"Limícoles"	<i>Burhinus oedienemus</i>	Sibil·lí (Torlit)
Làrids	<i>Larus michahelis</i>	Gavià argentat
Colúmbids	<i>Columbus livia</i>	Colom
	<i>Streptopelia turtur</i>	Tòrtora
Upúpids	<i>Upupa epops</i>	Puput
Fringílids	<i>Carduelis cannabina</i>	Passarell
	<i>Carduelis carduelis</i>	Cadenera
	<i>Fringilla coelebs</i>	Pinça
Motacil·lids	<i>Motacilla alba</i>	Cuereta blanca
Passeríds	<i>Passer domesticus</i>	Pardal comú
Sílvids	<i>Phylloscopus collybita</i>	Mosquiter
	<i>Sylvia atricapilla</i>	Tallarol de casquet (busqueret)
	<i>Sylvia melanocephala</i>	Tallarol capnegre (busqueret)
Túrdids	<i>Erithacus rubecula</i>	Rupit
	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Rossinyol
	<i>Turdus merula</i>	Merla
	<i>Turdus philomelos</i>	Tord blanc
Falcònids	<i>Falco tinnunculus</i>	Xòric
Estringíds	<i>Otus scops</i>	Xot
Titònids	<i>Tyto alba</i>	Òliba

**Taula 5.** Espècies d'auells afectades i els noms comuns de Menorca.

**Table 5.** Species of birds affected and the common names of Menorca.

	Hivern		Primavera		Estiu		Tardor		Total	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Sibil·li					7	1,4			7	0,6
Gavià argentat			4	12,5					4	0,4
Colom			1	3,1	2	0,4	1	0,2	4	0,4
Tòrtora					2	0,4			2	0,2
Puput					2	0,4	1	0,2	3	0,3
Passarell	2	4,0							2	0,2
Cadenera					1	0,2			1	0,1
Pinça	2	4,0							2	0,2
Cuereta blanca							2	0,4	2	0,2
Pardal comú			4	12,5	23	4,6	4	0,7	31	2,7
Mosquiter	2	4,0					4	0,7	6	0,5
Tallarol de casquet	6	12,0			3	0,6			9	0,8
Tallarol capnegre	7	14,0	5	15,6	39	7,9	85	15,2	136	12,0
Tallarol	6	12,0	3	9,4	82	16,5	13	2,3	104	9,1
Pass. irreconeixible	19	38,0	8	25,0	306	61,7	232	41,5	565	49,7
Rupit	2	4,0					201	36,0	203	17,9
Rossinyol			1	3,1					1	0,1
Merla			1	3,1	1	0,2			2	0,2
Tord blanc	2	4,0					10	1,8	12	1,1
Xot			2	6,3	6	1,2	6	1,1	14	1,2
Xòric			1	3,1	16	3,2			17	1,5
Òliba	1	2,0	1	3,1	1	0,2			3	0,3
Irreconeixible	1	2,0	1	3,1	5	1,0			7	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>4,4</b>	<b>32</b>	<b>2,8</b>	<b>496</b>	<b>43,6</b>	<b>559</b>	<b>49,2</b>	<b>1137</b>	<b>100</b>

**Taula 6.** Aucells afectats per estacions i espècies.**Table 6.** Birds affected by seasons and species.

manera que Menorca és, en aquest sentit, una excepció. Només s'han trobat 4 exemplars, a les campanyes d'estiu i tardor. A les taules 4, 5 i 6 es fa una descripció detallada de les espècies afectades per a cadascun dels grups de vertebrats aquí considerats.

Les taules recullen quins són els trams amb més mortalitat, les èpoques més desfavorables i els punts on es produeixen més baixes. També es fa esment del grau de protecció legal amb què compten.

Els ocells són els més afectats pels atropellaments. Un 60% dels animals trobats morts, al cap de l'any, han estat aus. Les èpoques més desfavorables són l'estiu i la tardor.

Els passeriformes són el grup més afectat, amb 1.076 individus trobats atropellats, que suposen el 94,6% del total d'ocells. Les espècies més afectades són del

grup dels silvids (tallarols o busquerets), al llarg de tot l'any, i dels túrdids (rupits), només a la tardor.

Del total d'ocells trobats morts, l'època en què més se'n troben és la tardor, en què es registra gairebé la meitat del total (el 49,2%), seguida de l'estiu (43,6%). Quan menys se'n troben és a la primavera i a l'hivern.

Els trams on es produeixen més atropellaments d'ocells són els de la carretera general (de l'1 al 4), seguits de les vies d'ús mixt residencial-turístic (des Mercadal a Fornells, d'Alaior a Mígjorn Gran, de Cala en Bosch) i turístiques (Son Bou).

Dels ocells que s'han trobat atropellats, n'hi ha que tenen alguna figura de protecció, atenent a normativa autonòmica, estatal o europea, o a convenis internacionals (Taula 7).

Les espècies més afectades, rupits i busquerets, estan incloses al Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades (CNEA), que les considera "d'interès especial", i als apèndixs II i III del Conveni de Berna, de 1979, que les inclou com a "estrictament protegides".

Malgrat això, a escala balear, la UICN balear no les inclou. Les espècies afectades que tenen més grau de protecció són rapinyaires: xòric, xot i òliba, que s'han trobat sobretot a l'estiu, tot i que en densitats baixes:

Els xòrics s'han trobat tots a l'estiu (excepte 1) i destaquen els trams 10 (d'Alaior as Migjorn), 16 (de St. Climent a Cala en Porter), 9 (Binifabini) i 13 (Cala

Galdana), on se n'han trobat 3, 3, 2 i 2, respectivament. Es tracta de trams rectes, oberts, en què és fàcil que els vehicles circulin a gran velocitat (Fig. 3).

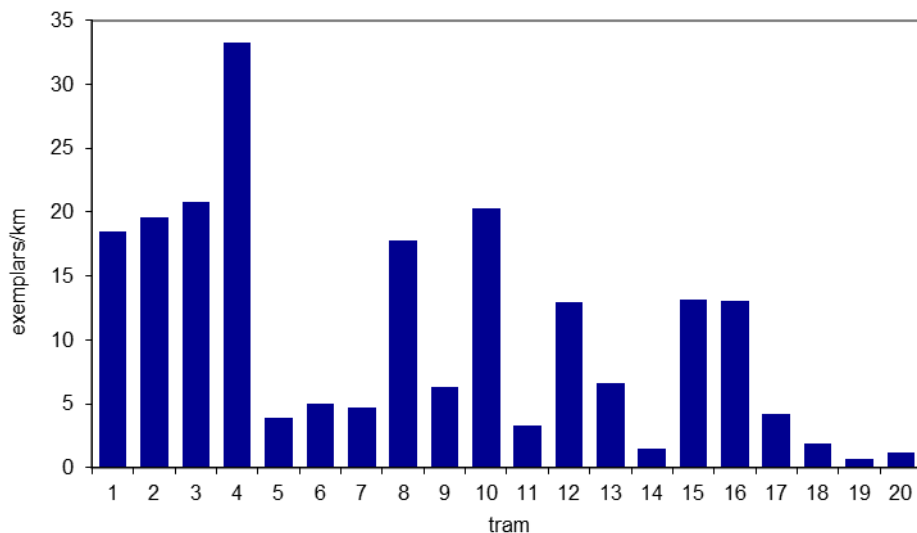
Els xots s'han trobat tant a la tardor com a l'estiu, i algun a la primavera; els trams on n'hi ha hagut més són a la general (trams 3 i 4) i els 10 i 11 (d'Alaior as Migjorn i de Es Migjorn a Ferreries). A la resta de la general, cap as Grau, al camí d'en Kane, a Binifabini i a Artrutx se n'hi ha trobat 1 a cada tram.

D'òlibes se n'han trobat 3: una a l'hivern, una a la primavera i una a l'estiu, als trams 3, 16 i 2 (general prop d'Alaior; de St. Climent a Cala en Porter i general prop de Ferreries, respectivament).

Espècie	UICN balear	UICN Spain	CNEA	C. de Berna	C. de Bonn	Cites	Dir. Aus
<i>Burhinus oedicnemus</i>							annex I
<i>Larus michaelis</i>				apèndix II + III			
<i>Columbus livia</i>							annex II
<i>Streptopelia turtur</i>							annex II
<i>Fringilla coelebs</i>			D'interès especial	apèndix II + III			
<i>Passer domesticus</i>							
<i>Phylloscopus collybita</i>			D'interès especial	apèndix II + III			
<i>Sylvia atricapilla</i>			D'interès especial	apèndix II + III			
<i>Sylvia melanocephala</i>			D'interès especial	apèndix II + III			
<i>Erithacus rubecula</i>			D'interès especial	apèndix II + III			
<i>Luscinia megarhynchos</i>			D'interès especial	apèndix II + III			
<i>Turdus merula</i>				apèndix II + III			annex II
<i>Turdus philomelos</i>	LRlc	NA		apèndix II + III			annex II
<i>Falco tinnunculus</i>			D'interès especial	apèndix II + III	apèndix II		
<i>Otus scops</i>			D'interès especial	apèndix II + III		annexos I, II i III	
<i>Tyto alba</i>			D'interès especial	apèndix II + III		annexos I, II i III	

**Taula 7.** Grau de protecció / amenaça dels aucells trobats.

**Table 7.** Degree of Protection / threat of bird found.



**Fig. 3.** Aucells atropellats en els 20 trams de mostreig, tenint en compte la llargada de cada tram.  
**Fig. 3.** Birds run over in the 20 sample sections, taking into account the length of each section.

Família	Espècie	Nom comú
Cànids	<i>Canis familiaris</i>	Ca
Felins	<i>Felis catus</i>	Moix
Mustèlids	<i>Martes martes</i>	Mart
	<i>Mustela nivalis</i>	Mostel
Lepòrids	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conill
Vespertiliònids	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Rata pinyada
Gilírids	<i>Eliomys quercinus</i>	Rata sarda
Múrids	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Ratolí de bosc
	<i>Mus sp.</i>	Ratoli
	<i>Rattus norvegicus</i>	Rata comuna
	<i>Rattus rattus</i>	Rata negra
Erinaceids	<i>Atelerix algirus</i>	Eriçó

**Taula 8.** Espècies de mamífers atropellats.

**Table 8.** Mammals bullied.

### Mamífers

Les espècies afectades i els noms comuns amb què es coneixen a Menorca estan continguts en la taula següent (Taula 8). Els mamífers són el segon grup faunístic, en termes d'afecció per atropellaments, després dels ocells. Un 34,7% del total d'animals que s'han registrat són mamífers, i la majoria d'ells micromamífers (insectívors i rosegadors),

que suposen el 76% dels mamífers atropellats.

L'espècie més afectada és l'eriçó clar, que suposa un 43,9% del total dels mamífers trobats atropellats (Taula 9). Són sempre dominants, en totes 4 campanyes. La rata comuna, amb un 27,1% també es troba en totes 4 campanyes. La resta de les espècies són molt menys abundants a les carreteres, i no arriben a superar el 5,3% del

total de mamífers. Per campanyes, la màxima abundància i diversitat d'espècies atropellades es troba a l'estiu, quan es troben més de la meitat de tots els mamífers atropellats al llarg de l'any (55,5%) i de totes les espècies (13 en total). A la tardor, la mortalitat és una quarta part del total i es troben 8 espècies diferents. L'hivern és l'època de menys sinistralitat: es van registrar 50 animals morts, 24 dels quals són eriçons.

Per trams, el número 8 (carretera des Mercadal a Fornells és el de major sinistralitat, seguit dels trams 4 i 2 (carretera general) i del 15 (Cala en Bosch). A la majoria de trams els eriçons suposen la meitat o més dels mamífers atropellats, excepte en els trams 3 i 4 (carretera general) i 6 (Es Grau), on predominen les rates i ratolins (Fig. 4).

Entre els mamífers, les espècies més protegides són l'eriçó clar, les rates pinyades, el mostel i el mart. De totes quatre, la més afectada, i amb gran diferència, és l'eriçó clar, del qual se n'han trobat 289 exemplars, seguida dels mostels, amb 17, i dels marts i rates pinyades (1 i 2 exemplars, respectivament).

A la taula següent (Taula 10) es presenta un resum dels graus de protecció i d'amenaça de cadascuna de les espècies de mamífer trobades, segons diferents convenis i acords.

L'eriçó es considera no amenaçat pels catàlegs de la UICN, però d'interès especial segons el Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades (CNEA), i es contempla en el Conveni de Berna i en la Directiva Hàbitats (92/43/CE). Les rates pinyades tenen la mateixa consideració al CNEA, però per la UICN es tracta d'espècies per a les quals falta informació per decidir-ne el grau d'amenaça; les contempla, a més, el Conveni de Bonn. El mart es considera quasi amenaçat (LRnt) per la UICN balear i el mostel només es contempla en el Conveni de Bonn.

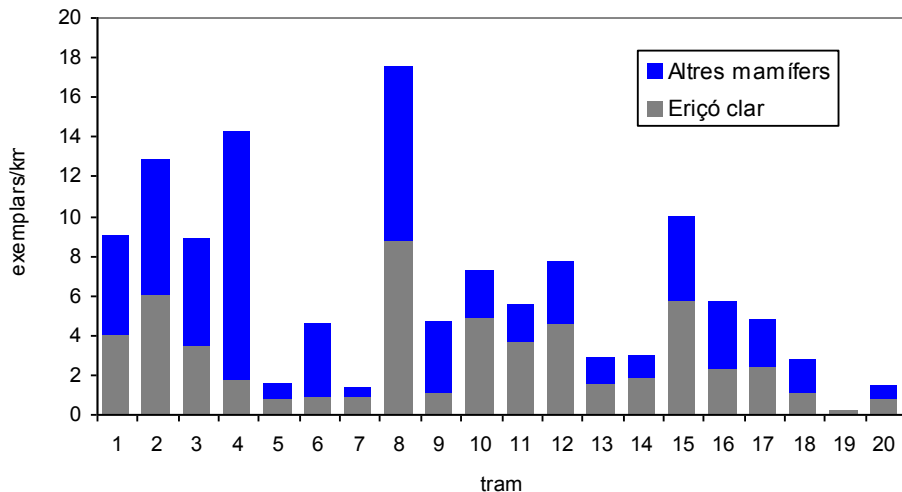
Els eriçons es troben durant tot l'any i en tots els trams, tot i que en abundància diferent. Els trams 8, 2 i 15 són els que registren una mortalitat d'eriçons més elevada, amb 8,8; 6 i 5,7 eriçons/km (dades agrupades de tot l'any).

Les rates pinyades s'han trobat a l'estiu; 2 exemplars: un al tram 15 i un al 12 l'únic mart que s'ha trobat ha estat a la carretera general (tram 2), i a l'estiu.

	Hivern		Primavera		Estiu		Tardor		Total	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Ca					2	0,5			2	0,3
Moix			5	6,4	21	5,8	9	5,5	35	5,3
Mart					1	0,3			1	0,2
Mostel	3	6,0			10	2,7	4	2,4	17	2,6
Conill	4	8,0	5	6,4	2	0,5	1	0,6	12	1,8
Rata pinyada					2	0,5			2	0,3
Rata sarda					5	1,4	1	0,6	6	0,9
Ratolí de bosc			2	2,6	22	6,0	10	6,1	34	5,2
Ratolí	1	2,0	1	1,3	24	6,6	3	1,8	29	4,4
Rata comuna	10	20,0	10	12,8	102	27,9	56	33,9	178	27,1
Rata negra	3	6,0	3	3,8	7	1,9			13	2,0
Rata	5	10,0			5	1,4			10	1,5
Eriçó	24	48,0	49	62,8	141	38,6	75	45,5	289	43,9
Irreconeixible			3	3,8	21	5,8	6	3,6	30	4,6
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>7,6</b>	<b>78</b>	<b>11,9</b>	<b>365</b>	<b>55,5</b>	<b>165</b>	<b>25,1</b>	<b>658</b>	<b>100</b>

**Taula 9.** Mamífers afectats, per grup i espècies.

**Table 9.** Mammals affected by group and species.



**Fig. 4.** Mamífers atropellats en els 20 trams de mostreig, tenint en compte la llargada de cada tram.  
**Fig. 4.** Mammals run over in the 20 sample sections, taking into account the length of each section.

Espècie	UICN balear	UICN Spain	CNEA	C. de Berna	C. de Bonn	Directiva Hàbitats
<i>Aterix algerus</i>	NA	NA	Interès especial	apèndix II + III		annex IV
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	DD/NA	K/NA	Interès especial	apèndix II	apèndix II	annex IV
<i>Martes martes minoricensis</i>	LRnt	NA		apèndix III		annex IV
<i>Mustela nivalis</i>				apèndix II + III		

**Taulla 10.** Grau de protecció / amenaça dels mamífers atropellats.  
**Table 10.** Degree of Protection / threat of mammals found.

El Servei de Manteniment de Carreteres ha informat d'haver vist marts atropellats a la carretera de Sa Mesquida, però no estava integrada en la xarxa de trams de mostreig i no s'ha pogut comprovar que els mostrels es troben principalment a l'estiu, localitzats a la carretera general (trams 1 a 4) i a la de Fornells as Mercadal (tram 8). N'hi ha també, però pocs, als trams 5, 12, 16 i 17.

### Rèptils

Només s'han trobat dues espècies de

rèptils atropellades: la tortuga de terra (*Testudo hermanni*) i la serp blanca (*Elaphe scalaris*). Numèricament són poc significatius, ja que sols representen el 0,9 % de tots els animals trobats morts.

En total, s'han trobat 18 rèptils atropellats (Taulla 11), repartits entre les campanyes de primavera, estiu i tardor. La majoria –13– són serps, que s'han trobat majoritàriament a l'estiu i a la primavera. De tortugues se n'han trobat 5 (3 a l'estiu, 1 a la primavera i 1 a la tardor).



Les 5 tortugues s'han trobat en tres trams: 2 a la general (tram 3), 2 a la de Cala en Porter (tram 16) i 1 al tram 5 (Camí d'en Kane). Les serps s'han trobat sobretot als trams 9 i 10 (3 en cadascun) i també als trams 8 i 18 (2 a cadascun) i als trams 2, 16 i 16 (una a cadascun) (Fig. 5). Les tortugues de terra solen evitar el creuament d'espais oberts i desprotegits, com les carreteres, que tenen, sobre aquesta espècie un efecte barrera etològic, ja que les fa sentir especialment vulnerables (Carretero i Rosell, 2000). Les serps solen morir atropellades quan reposen a l'asfalt, que les atreu per l'escalfor que conserva.

Pel que fa al grau de protecció de les dues espècies de rèptils que s'han trobat al llarg de l'any, cal remarcar que:

Segons l'adaptació de la classificació UICN a Balears (Taula 12), la tortuga de terra (*Testudo hermanni*) és vulnerable, i segons el Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades (CNEA; Real Decret 439/90) és d'interès especial. També està inclosa al Conveni de Berna, a la Directiva Hàbitats i al Conveni Cites. El tram 2 de la carretera general i el tram de Cala en Porter són els de més sinistralitat per a les tortugues.

La serp blanca, d'acord amb el CNEA; és d'interès especial. Per a la UICN,

requereix disposar de més dades (DD), i es troba inclòs a l'apèndix III del Conveni de Berna. Els trams 9 i 10 (carretera d'Alaior as Migjorn Gran i carretera de Binifabini) són els que acumulen més mortalitat d'aquesta espècie; es tracta de carreteres de baixa intensitat de circulació, amb amples voreres asfaltades i on la velocitat de circulació dels vehicles és força alta.

El tram 16, de Cala en Porter, és l'únic en què es troben exemplars atropellats de totes dues espècies: 2 tortugues i una serp.

**Amfibis**

Només s'ha trobat una espècie d'amfibi atropellat: la granota (*Hyla meridionalis*), i en nombre molt baix (Fig. 6). Tan sols s'han trobat 4 exemplars, repartits en 4 trams diferent (2, 8, 10 i 16), durant les campanyes d'estiu i de tardor (2 per campanya).

Els amfibis solen ser el grup faunístic més afectat per l'efecte barrera de les carreteres, ja que solen mostrar migracions estacionals que els porten –a finals d'hivern i a la primavera- cap a les zones aquàtiques on s'aparellen, i, després del període reproductor, solen retornar als llocs d'hivernada (Carretero i Rosell, 2000). A Menorca, es té constància que nombrosos

	Hivern		Primavera		Estiu		Tardor		Total	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%	Num.	%
<i>Elaphe scalaris</i>	–	–	5	83,3	5	62,5	3	75,0	13	72,2
<i>Testudo hermanni</i>	–	–	1	16,7	3	37,5	1	25,0	5	27,8
TOTAL			6	33,3	8	44,4	4	22,3	18	100

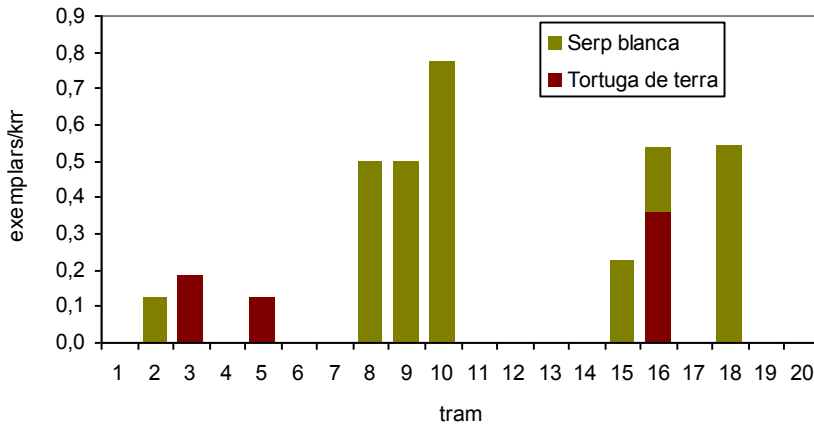
**Taula 11.** Espècies de rèptils atropellades.

**Table 11.** Run over reptile species.

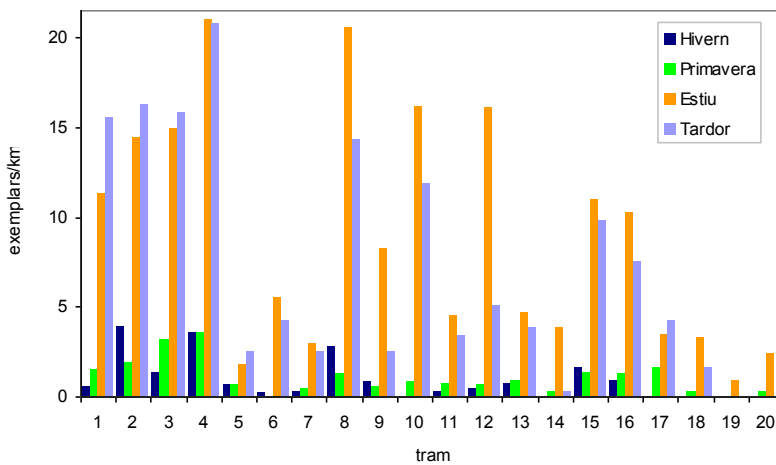
Espècie	UICN balear	UICN Spain	CNEA	C. de Berna	Dir. Hàbitats	Cites
<i>Elaphe scalaris</i>	DD	NA	D'interès especial	apèndix III		
<i>Testudo hermanni</i>	VU	V	D'interès especial	apèndix II	annex II + annex IV	annex A

**Taula 12.** Grau de protecció /amenança dels rèptils trobats.

**Table 12.** Degree of protection / threat of reptiles found.



**Fig. 5.** Rèptils atropellats en els 20 trams de mostreig, tenint en compte la llargada de cada tram.  
**Fig. 5.** *Reptiles killroad in the 20 sample sections, taking into account the length of each section.*



**Fig. 6.** Densitat d'atropellaments en els trams mostrejats, sumant totes tres rèpliques, i desglossant les campanyes (exemplars/km).  
**Fig. 6.** *Density outrages in the sections sampled, adding all three replicas, detailing and campaigns (specimens / km).*

amfibis –gripaus i granotes- creuen les carreteres i camins més propers a zones d'aiguamolls (camí de Tramuntana, prop de Lluriac, i carretera des Grau, prop de l'Albufera). No obstant això, durant les campanyes de mostreig no se n'han trobat,

possiblement perquè no han coincidit els mostrejos amb els períodes de migració.

#### Atropellaments per trams

Al llarg de les quatre campanyes mostrejades, no es va trobar cap tram

exempt d'atropellaments de fauna, tot i que amb densitat variable (Taula 13). Els trams amb més incidents són el 4 (carretera general, prop de Maó) i el 8 (carretera des Mercadal a Fornells).

Com a mesura de la densitat d'atropellaments se suma el nombre d'exemplars trobats morts, a cada tram i per a cada campanya, i es divideix per la llargada del tram. El resultat s'expressa en Mercadal a Fornells), 10 (d'Alaior as Migjorn Gran) i 12 (Son Bou). Només el tram 5 (camí d'en Kane) registra un increment poc significatiu. La mitjana de densitat d'atropellaments passa d'1 exemplar/km (0,98 a l'hivern i 1,04 a la primavera) a gairebé 9 exemplars/km (8,83; mitjana de la campanya d'estiu i 8,12 a la tardor).

**Frequència d'atropellaments**

Per fer un càlcul aproximat de la freqüència d'atropellaments es consideren

exemplars/km. Aquesta mesura inclou el total d'animals trobats entre les tres rèpliques de cada campanya. És una mesura útil per comparar la mortalitat entre trams però no inclou el component temporal, que sí que s'inclou en el càlcul de la taxa de mortalitat. L'increment de la densitat d'atropellaments és molt marcat a l'estiu i afecta tots els trams; és especialment notable el que mostren els trams 8 (des les rèpliques 2 i 3. Com que se sap el temps que ha transcorregut entre totes les rèpliques, es dedueix que els animals morts registrats a la rèplica 2 han estat atropellats des de la rèplica 1 (de 'neteja'), i que els de la rèplica 3 ho han estat des que es va dur a terme la rèplica 2. D'aquesta manera, es pot calcular la taxa, que s'expressa en exemplars/km/dia (Taula 14).

Entre les rèpliques 1 i 2 van passar, segons els trams i segons les campanyes, entre 4 i 7 dies. Entre les rèpliques 2 i 3 van passar entre 3 i 7 dies. En total, des de

Tram	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Mitjana
	Exemplars / km	Exemplars / km	Exemplars / km	Exemplars / km	Exemplars / km
1	0,50	1,50	11,25	15,50	7,19
2	3,88	1,88	14,38	16,25	9,09
3	1,36	3,18	14,91	15,75	8,80
4	3,50	3,50	21,00	20,75	12,19
5	0,63	0,63	1,75	2,50	1,38
6	0,16	0,00	5,48	4,19	2,46
7	0,22	0,44	2,89	2,44	1,50
8	2,75	1,25	20,50	14,25	9,69
9	0,83	0,50	8,17	2,50	3,00
10	0,00	0,77	16,15	11,79	7,18
11	0,24	0,71	4,52	3,33	2,20
12	0,42	0,63	16,04	5,00	5,52
13	0,67	0,89	4,67	3,78	2,50
14	0,00	0,29	3,82	0,29	1,10
15	1,59	1,36	10,91	9,77	5,91
16	0,89	1,25	10,18	7,50	4,96
17	0,00	1,58	3,42	4,21	2,30
18	0,00	0,27	3,24	1,62	1,28
19		0,00	0,89		0,44
20		0,24	2,38		1,31
MITJANA	0,98	1,04	8,83	8,12	4,74

**Taula 13.** Distribució dels atropellaments per a cada tram de carretera i estació.

**Table 13.** Distribution of outrages for each road segment and station.

la rèplica 1 fins a la 3 van transcórrer entre 9 i 13 dies. Aquests períodes fan possible calcular les freqüències d'atropellaments, en funció del temps (dies transcorreguts) i de la distància de cada tram. Només cal tenir present que, en alguns casos, es pot tractar de càlculs a la baixa, ja que hi pot haver exemplars morts que siguin enretirats de la calçada (per col·lisions successives o perquè se n'alimenten altres animals, com els rapinyaires o les gavines).

La mitjana de les taxes d'atropellament de totes 4 campanyes és de 0,23 exemplars/dia\*km. Els trams de més sinistralitat són, amb diferència, el 4 (carretera general, prop de Maó) i el 8 (des Mercadal a Fornells). Així com el tram 4 sempre ha registrat una mortalitat alta, el 8 només ho fa per a la campanya d'estiu. A tots dos trams se supera la xifra d'un animal mort per quilòmetre i dia a l'estiu. A la tardor, només se supera aquest valor en el tram 4. Cal remarcar que la taxa es multiplica per 10 entre l'hivern i l'estiu.

El valor mitjà de 0,23 exemplars morts per km i dia indica que cada 4,3 dies mor un animal a cada km de la xarxa viària analitzada. En el cas del tram de més sinistralitat –tram 4–, això ocorre cada 1,2 dies de mitjana (i cada 15,7 hores durant l'estiu).

#### **Relació amb la intensitat de circulació**

Quan hi ha dades disponibles d'IMD (intensitat mitjana diària) de circulació de vehicles, es pot relacionar la freqüència d'atropellaments amb el pas de vehicles.

Per a alguns dels trams de mostreig hi ha dades d'intensitat de circulació (IMD), però de qualitat molt variable (Fig. 8). Les dades més fiables són les de l'estació automàtica (E-318), situada en el tram 3 de mostreig. Per a aquest tram es disposa dels valors d'IMD complets, per al període que abarca cada campanya.

Per a la resta de trams, quan hi ha informació disponible és de qualitat molt variable, de vegades desfasada temporalment i molt sovint es tracta d'estimacions. En aquest treball només ha estat possible analitzar les dades de l'estació E-318, situada al tram 3 (carretera general).

L'increment de circulació rodada des de l'hivern fins a l'estiu és constant, la circulació de primavera és 1,7 vegades la de l'hivern, i la de l'estiu és 1,6 vegades la de primavera. L'increment total és del 173% (es multiplica per 2,7). L'increment en la taxa de mortalitat es comporta diferent: mentre creix moderadament entre l'hivern i la primavera (un 55%, es multiplica per 1,5), entre la primavera i l'estiu es dispara

Tram	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Total
3	0,078	0,121	0,828	0,636	0,416
4	0,196	0,100	1,528	1,396	0,805
5	0,039	0,033	0,034	0,154	0,065
6	0,000	0,000	0,269	0,136	0,101
7	0,014	0,030	0,242	0,148	0,109
8	0,141	0,017	1,227	0,521	0,476
9	0,042	0,022	0,409	0,083	0,139
10	0,000	0,017	0,746	0,611	0,344
11	0,018	0,016	0,303	0,183	0,130
12	0,032	0,028	0,833	0,144	0,259
13	0,017	0,032	0,303	0,204	0,139
14	0,021	0,000	0,204	0,000	0,056
15	0,065	0,049	0,351	0,385	0,212
16	0,055	0,036	0,595	0,238	0,231
17	0,000	0,053	0,292	0,154	0,125
18	0,000	0,018	0,180	0,135	0,083
19	–	0,000	0,068	0,813	0,034
20	–	0,000	0,147	0,833	0,073
Mitj	0,051	0,033	0,471	0,376	0,233

**Taula 14.** Freqüència d'atropellaments (exemplars/ km\*dia).

**Table 14.** Frequency of outrages (specimens/ km\*day).

(es multiplica per 6,8). L'increment total és del 960% (es multiplica per 10).

L'increment de mortalitat es dispara entre la primavera i l'estiu, en superar una IMD de 10.000 vehicles/dia, que segons diferents fonts bibliogràfiques, es considera que és el límit de permeabilitat de les carreteres per a la fauna (Rosell, 2000). Per a IMD superiors a 10.000 vehicles/dia, la carretera és una barrera pràcticament infranquejable; pocs individus intenten creuar-la i, per als que ho fan, les possibilitats d'aconseguir-ho són molt baixes (Müller i Berthaud, 1997). Si es té en compte que, a més, els animals més afectats –els eriçons i els passeriformes– tenen un comportament lent, s'explica aquest increment tan gran de la mortalitat estiuenca, que no és directament proporcional a l'increment de circulació, sinó que respon al fet de superar la barrera dels 10.000 vehicles/dia.

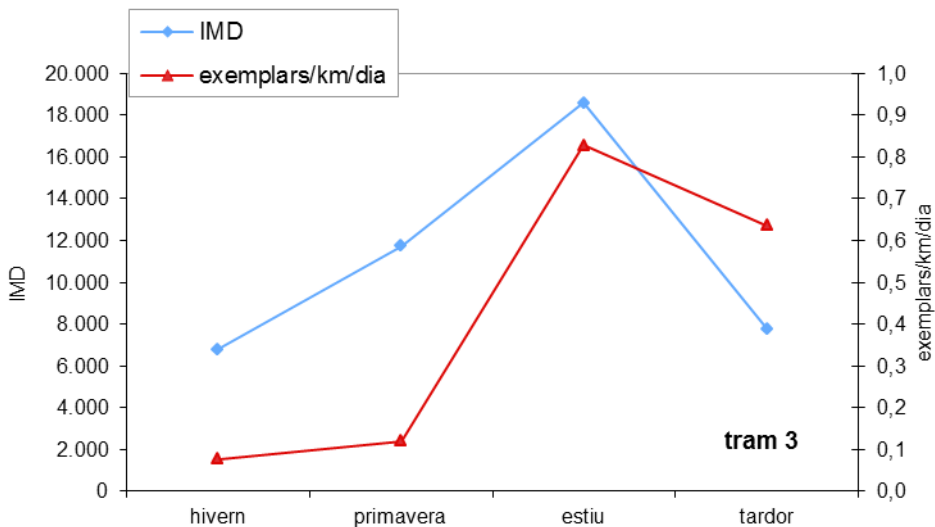
Els valors elevats de la tardor es deuen a que es manté l'activitat biològica, i tot i que davalla la IMD, la mortalitat segueix essent alta.

#### Anàlisi per trams

Dels apartats precedents es dedueix que el tram de més mortalitat és el tram 3, de la carretera general, i el tram 8, des Mercadal a Fornells. En aquest apartat s'analitza breument cadascun dels 20 trams d'anàlisi, tot indicant-ne les taxes de mortalitat, les espècies més afectades i la presència d'obres de drenatge que poden actuar com a passos de fauna.

Per a cada tram es va fer una fitxa descriptiva, acompanyada d'un mapa amb la ubicació dels exemplars que s'hi ha trobat morts durant la campanya d'estiu, que és de la de més mortalitat.

Tram 1.- Tram de bona visibilitat, recte i amb un domini d'usos del sòl de pastures,



**Fig. 8.** Relació entre les IMD i les taxes d'atropellament de fauna en el tram 3 de la carretera general (exemplars/km\*dia).

**Fig. 8.** Relationship between IMD and killroad rates in section 3 of the general road (specimens / km \* day).

sense vegetació natural. La IMD és moderadament alta i la taxa mitjana de mortalitat (TMM) és moderada (0,3 ex/km/dia), amb força obres de drenatge: 6 (1,5 per km). En aquest tram no s'identifica cap punt negre d'atropellament.

Tram 2.- Tram que creua la població de Ferreries. La IMD és moderadament alta i la TMM és elevada (0,4 ex/km/dia). S'observen dues zones d'alta concentració d'animals atropellats: una davant el polígon de Ferreries i l'altra a la recta del Pla Verd. Hi ha unes 3 obres de drenatge per km, aproximadament (2,9).

Tram 3.- Tram que creua les poblacions des Mercadal i Alaior. La IMD és elevada i la TMM és la segona més alta de les enregistrades (0,4 ex/km/dia). S'observa una zona d'alta concentració d'animals atropellats que s'estén des dels Plans d'Alaior (creuament de la carretera des Migjorn) fins al trencall de Son Bou. Les espècies més afectades són ocells i micromamífers (eriçons). S'hi ha trobat dues de les 5 tortugues de terra que s'han enregistrat. Hi ha unes 3 obres de drenatge per km, aproximadament (3,1).

Tram 4.- Tram que comprèn la zona més transitada de l'illa, pel fet polaritzador de Maó (capital, aeroport, port, etc.) . La IMD és alta i la TMM és la màxima registrada (0,8 ex/km/dia). L'entorn està format principalment per zones de conreu. La mortalitat d'animals és molt contínua, i especialment densa prop de les benzineres de Mitjan Lloc. Els animals més afectats són ocells i rates i ratolins. Hi ha unes 3 obres de drenatge per km, aproximadament (2,8)

Tram 5.- El camí d'en Kane és el que menys variació de mortalitat experimenta al llarg de l'any. La IMD és baixa, gairebé constant tot l'any i la TMM, de les més baixes (0,06 ex/km/dia). És un tram on la paret seca s'estén gairebé sense interrupció

des del principi fins al final. Tot i trobar-s'hi pocs animals, se n'hi ha trobat alguns d'especial interès (rata sarda, tortuga).

Tram 6.- Tram amb una de les TMM més baixes (0,1 ex/km/dia), en el qual només s'han trobat animals atropellats durant les campanyes d'estiu i tardor, tot i estar situada entre dos focus potencialment atractors de fauna: el Parc Natural de l'Albufera des Grau i la Planta de Milà. Els animals que s'hi ha trobat són, principalment ocells, rates i ratolins.

Tram 7.- La TMM és baixa (0,1 ex/km/dia), segurament a causa de la realització d'obres de canvi del traçat que s'han estat executant durant tot l'any. S'hi ha trobat eriçons i ocells no passeriformes, principalment. En condicions normals, i atesa la naturalitat de l'entorn i les poblacions que enllaça (Fornells, Son Parc i Arenal d'en Castell amb Maó), caldria esperar una TMM similar a la d'altres vies de tipologia similar (Cala Galdana, per exemple)

Tram 8.- La IMD és moderadament alta i presenta una estacionalitat acusada, perquè els moviments pendulars entre Es Mercadal i Fornells són molt nombrosos. Per això, la TMM és la segona més elevada (0,5 ex/km/dia). Hi ha una zona d'alta concentració d'animals atropellats, prop del trencall amb la carretera de Fornells a Maó. L'entorn és natural, amb punts d'aigua propers. És un dels trams on es troben més eriçons morts, tot i que la densitat d'obres de drenatge és molt elevada (4,5 per km).

Tram 9.- Tram de baixa intensitat de circulació, tot i que marcadament estacional. El paisatge és un mosaic de conreus i bosc. La TMM és moderada (0,14 ex/km/dia) i no s'observen punts negres d'atropellament.

Tram 10.- Tram recte, ample, amb conreus a banda i banda i creuat per diversos torrents. La distribució de fauna

atropellada és homogènia al llarg de tot el tram, i la diversitat d'espècies és elevada: s'hi troben eriçons, serps, rapinyaires i fins i tot amfibis. La TMM és elevada (0,34 ex/km/dia), especialment si es té en compte que es tracta d'una via poc transitada.

Tram 11.- Tram de traçat sinuós, de calçada estreta, amb alternança d'usos del sòl a l'entorn. Hi ha poques entrades de camins i és una via poc freqüentada. La TMM és baixa (0,13 ex/km/dia), i solen trobar-s'hi principalment eriçons. Hi ha moltes obres de drenatge: 3,6 per km.

Tram 12.- Tram de traçat recte, de calçada ampla, i d'ús marcadament estacional, ja que du al complex turístic de Son Bou. La TMM és moderadament alta (0,26 ex/km/dia) i hi ha un punt de densitat d'atropellaments elevada, prop del trencall de Torre d'en Gaumés, al lloc de Lluçassaldent.

Tram 13.- Tram que discorre lleugerament sobrelevat per damunt dels camps de conreu adjacents. És de traçat poc sinuós, de calçada ampla, i d'ús marcadament estacional, ja que du al complex turístic de Cala Galdana. Té una baixa densitat d'obres de drenatge (0,9 per km). La TMM és baixa (0,14 ex/km/dia).

Tram 14.- Tot i la proximitat amb la ronda de Ciutadella, i l'ocupació de l'entorn per cases d'una urbanització a l'inici del tram, la sinistralitat és molt baixa, amb una TMM de 0,06 ex/km/dia.

Tram 15.- És de traçat rectilini, de calçada ampla, i d'ús marcadament estacional, és gairebé un continuum de medi urbà des de Cala Blanca a Cap d'Artrutx. La TMM és moderada (0,21 ex/km/dia) i s'hi ha trobat animals domèstics, eriçons, i un dels dos quiròpters registrats al llarg de tot l'estudi.

Tram 16.- Tram que discorre parcialment encaixonat, entre roca mare, i amb diverses entrades de camins i trencalls.

Tot i essent estreta, és recta i els vehicles solen circular-hi a velocitat moderadament alta. L'entorn està ocupat per conreus, boscos i la urbanització de Binixíquer. Presenta poques obres de drenatge (1,1 per km) i la TMM és moderada (0,23 ex/km/dia). La diversitat de les espècies atropellades en aquest tram és elevada: s'hi han trobat dues de les 5 tortugues enregistrades, una serp i una òliba, entre altres.

Tram 17.- Tram que discorre entre camps de conreu, resseguit de paret seca discontinua a banda i banda, i amb una baixa intensitat d'ús, que presenta estacionalitat. Té una densitat moderada d'obres de drenatge (1,7 per km). La TMM és baixa (0,12 ex/km/dia).

Tram 18.- Tram molt poc transitat, sinuós, amb paret seca gairebé contínua a banda i banda. La TMM és de les més baixes que s'han enregistrat (0,08 ex/km/dia).

Tram 19.- Camí estret, d'un sol carril, amb paret seca a banda i banda, i transitat únicament a l'estiu amb una certa intensitat, ja que és l'únic accés rodat a les platges verges del nord de l'illa. No obstant això, com que no hi ha nuclis de població, la circulació sol limitar-se a les hores diürnes i de més claror, que és quan menys es desplacen els animals. Només s'ha mostrejat a la primavera i a l'estiu i tan sols s'hi han trobat exemplars atropellats a la campanya d'estiu. La TMM és la més baixa que s'ha trobat (0,034 ex/km/dia).

Tram 20.- Camí estret, d'un sol carril, amb paret seca a banda i banda, amb llocs en actiu a l'entorn i transitat principalment a l'estiu, ja que és l'únic accés a les platges verges del sud de l'illa. Com en el cas del tram 19, no hi ha nuclis de població, i per tant la circulació sol limitar-se a les hores diürnes i de més claror, que és quan menys es desplacen els animals. Només s'ha

mostrejat a la primavera i a l'estiu i s'hi han trobat exemplars atropellats en totes dues ocasions, tot i que en nombre molt baix. La TMM és baixa (0,07 ex/km/dia).

### Estimació de la mortalitat anual

L'estimació de la mortalitat total de vertebrats a les carreteres de Menorca es fa a partir de dues extrapolacions, basades en el tipus de via i en la representativitat temporal de les campanyes de mostreig:

(a) L'extrapolació espacial. Segons el tipus de via, s'han classificat els trams de carreteres mostrejades en 5 tipus; d'aquesta manera, les taxes mitjanes d'atropellament de la carretera general, per exemple, s'extrapolen només fins a 45 km, i no se sobreestima la mortalitat (Taula 15).

(b) L'extrapolació temporal. Per establir la representativitat temporal de cada campanya, s'allarguen les taxes de mortalitat a un determinat número de dies (Taula 16). La decisió del nombre de dies a què s'extrapolen les dades de cada campanya s'ha establert a partir de l'indicador "Pressió humana diària", de l'OBSAM (dades de l'any 2000), ja que s'entén que la intensitat de circulació depèn en bona mesura del nombre de persones que hi ha a Menorca en cada moment de l'any.

Per a cada tipus de via s'ha calculat la mitjana de la taxa d'atropellaments (exemplars/km/dia) per a cadascuna de les 4 campanyes, i a continuació s'ha multiplicat pel nombre de quilòmetres de cada tipus de via i pel nombre de dies que representa cada campanya (Taula 17). D'aquesta manera s'ha obtingut el nombre d'individus atropellats al llarg de l'any. En total, es calcula que moren atropellats 14.583 animals vertebrats, anualment, a les carreteres de la xarxa viària de Menorca (Taula 18). Coneixent el percentatge d'animals que moren atropellats a partir de les campanyes, s'ha quantificat el total dels

Tipus de via	km mostreig	km totals
Vies principals (Vp)	27	47
V. residencials (Vr)	15,9	44
Vies mixtes (Vrt)	32,4	68,8
Vies turístiques (Vt)	18,7	55,5
Vies de lleure (Vll)	8,7	39
TOTAL	102,7	254,3

**Taula 15.** Quilometratge mostrejat en relació al total de Menorca per a cada tipus de via.

**Table 15.** km sampled in relation to the total Menorca for each type of road.

animals morts, per grups faunístics i espècies més representatives. D'aquí es dedueix que moren anualment més de 9.000 ocells (la gran majoria dels quals són passeriformes), 2.160 eriçons, 1.355 rosegadors, 1.007 carnívors i 124 rèptils (tortugues de terra i serps) (Taula 18).

### Discussió i conclusions

Respecte a la mortalitat que es produeix per atropellament a les carreteres de la península Ibèrica podem trobar distintes referències. Així, per exemple, González-Prieto *et al.* (1993) estudien la mortalitat de vertebrats per atropellament en una carretera nacional N-120, al poc de ser estrenada, entre Orense i Os Peares (Orense, NO península Ibèrica), el tram circula paral·lel i adjacent al riu Millo.

Estudien 17 km prospectats a peu setmanalment durant el primer any d'exploració de la carretera, prenent nota i retirant de la mateixa els animals morts. Es comptabilitzaren 12.192 vertebrats de 83 espècies (10 amfibis, 13 rèptils, 41 aus i 19 mamífers), el que suposa una taxa de mortalitat mitjana de 717 individus/km/any, xifra molt superior a les assenyalades a la bibliografia consultada. Donada la proximitat al riu, els amfibis foren el grup



Campanya	Període de mostreig	Període a què s'extrapola
Hivern	Gener-febrer	Desembre - març (122 dies)
Primavera	Maig-juny	Abril - 15 de juliol (105 dies)
Estiu	Agost	15 de juliol - 1 de setembre (46 dies)
Tardor	Octubre-novembre	Setembre - novembre (92 dies)
TOTAL		365 dies

**Taula 16.** Nombre de dies a què s'han extrapolat les dades de cada estació.

**Table 16.** Number of days that have been extrapolated data from each station.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Vies principals (Vp)	0,120	0,076	0,805	0,980
Vies residencials (Vr)	0,019	0,022	0,172	0,157
Vies mixtes (Vrt)	0,039	0,029	0,532	0,313
Vies turístiques (Vt)	0,028	0,020	0,437	0,105
Vies de lleure (Vll)	-	0	0,107	-

**Taula 17.** Taxa de mortalitat (exemplars/ tipus de via).

**Table 17.** Mortality rate (specimens / type of road).

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Total
Ocells	648	218	2.684	5.598	9.149
Micromamífers	233	116	906	100	1.355
Eriçons	311	334	765	750	2.160
Carnívors	52	41	184	730	1.007
Lagomorfs	52	34	11	10	107
Quiròpters	0	0	11	0	11
Mamífers irrec.	0	14	103	60	177
Rèptils	0	41	43	40	124
Amfibis	0	0	11	20	31
Irreconeixible	13	7	363	80	463
TOTAL	1.309	805	5.081	7.388	14.583

**Taula 18.** Estimació dels individus atropellats anualment, per grups.

**Table 18.** Estimation of annually killroad specimens by groups.

més afectat, amb el 89,2% del total d'individus morts, seguit dels rèptils (5,0%), de les aus (3,1%) i dels mamífers (2,7%). Les espècies atropellades amb major freqüència foren: *Triturus boscai* (60,1 % del total de vertebrats), *Bufo bufo* (10,0%), *Bufo calamita* (6,1%), *Alytes obstetricans* (6,1%), *Podarcis hispanica* (3,5%), *Salamandra salamandra* (3,1%), *Triturus marmoratus* (2,0%), *Discoglossus pictus* (1,7%) i *Apodemus* spp. (1,1%).

Del treball de camp i les estimacions que s'han fet es pot estimar que a les

carreteres de Menorca moren anualment 14.583 vertebrats víctimes d'atropellaments, la majoria dels quals són espècies d'ocells Passeriformes (més de 6.500) i eriçons (2.160); les referències sobre mortalitats d'ericones degudes a atropellaments solen referir-se a carreteres de poca circulació (Garnica i Robles, 1986). La troballa d'ericones morts és un fet comú en les carreteres durant primavera i estiu (Weatcher, 1979). Hainard (1971) indica que els atropellaments són la causa major de mortalitat per als eriçons.

En un estudi sobre la viabilitat de les poblacions d'ericons als Països Baixos, Bergers i Nieuwenhuizen (1999) assenyalaren com a primer factor limitant la mida i la qualitat de les taques d'hàbitats disponibles, i en segon lloc la presència de carreteres. Al Centre de Recuperació de Fauna de Collserola l'erició europeu (*Atelerix europaeus*) fou el mamífer del qual s'enregistraren més incidències d'atropellament, un 22% d'un total de 556 casos després de 15 anys de seguiment (Tenés *et al.*, 2007).

Entre els Passeriformes, els més afectats són principalment busquerets i rupits. Cal comentar que el temps de permanència dels cadàvers a la carretera és baix. Normalment rapinyaires, gavines i altres carnívors (cans i moixos) que transiten prop de la carretera se'n poden alimentar. Altres vertebrats atropellats poden quedar destruïts pel continu pas de vehicles.

Les espècies protegides més afectades pels atropellaments són ocells rapinyaires (xot, xòric i òliba), mamífers carnívors (*Mustela nivalis* i *Martes martes minoricensis*) i les dues espècies de rèptils trobades: tortugues de terra i serp blanca. S'estima que moren uns 270 rapinyaires, la majoria dels quals són xòrics i xots; uns 18 marts i uns 300 mostels i, entre els rèptils, 90 serps i 34 tortugues de terra.

La taxa mitjana de mortalitat (mitjana anual d'exemplars atropellats per quilòmetre i dia) és molt variable: des de 0,805 ex/km/dia (tram 4, carretera general) a 0,034 (tram 19, Camí de Tramuntana). El valor mitjà és 0,233 ex/km/dia

La mortalitat de fauna és especialment elevada a l'estiu i a la tardor, quan l'increment de l'activitat biològica coincideix amb un increment del nombre de vehicles que circulen per la xarxa viària menorquina. De l'hivern a l'estiu la taxa de mortalitat es multiplica gairebé per 10:

passa de 0,051 ex/km/dia (mitjana de tots els trams, a l'hivern) a 0,471 ex/km/dia (mitjana de l'estiu)

A l'estiu, el tram de més sinistralitat és el tram 4, de la carretera general, en què la taxa de mortalitat és superior a 1 animal per quilòmetre i dia.

Al llarg de la carretera general, incrementa la mortalitat de fauna des de Ciutadella cap a Maó, d'acord amb el nombre de vehicles que circulen per cada tram. La diferència més notable es manté entre Alaior i Maó, que sempre és el tram de més mortalitat (tram 4). La IMD és determinant: quan se superen els 10.000 vehicles diaris, la carretera esdevé una autèntica barrera per als animals; pràcticament cap aconsegueix creuar-la. Això ocorre, almenys, en els trams 3 i 4 de la carretera general. Els trams de més sinistralitat, al cap de l'any, són de la carretera general (tram4, principalment), i el tram 8 (des Mercadal a Fornells). Per grups faunístics, els trams on hi ha més atropellaments són: 4, 3 i 10 (ocells); 8, 4 i 2 (mamífers) i 10, 16 i 18 per a rèptils

A banda de la IMD, hi ha altres factors que són determinants per a la mortalitat de fauna: l'estructura de la carretera (amplada, traçat) i l'ús que se'n fa, que respon al model de mobilitat dels turistes que fan ús de les vies

No es té constància que les obres de drenatge que hi ha a les carreteres estiguin en condicions per ser utilitzades com a passos de fauna.

## Bibliografia

- Álvarez, G. 2003. Efectos de las infraestructuras lineales de transporte. *Ecologista*, 37: 56-59.
- Arroyave, M. P., Gómez, C., Gutiérrez, M.E., Múnera, D.P., Zapata, P.A., Vergara, I.C., Andrade, L.M. i Ramos, K.C. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna

- silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia (Medellín, Colombia)*, 5: 45-57.
- Bergers, P. i Nieuwenhuizen, W. 1999. Viability of hedgehog populations in central Netherlands. *Lutra*, 42: 65-76.
- Birkan, M., Avignon, T., Reitz, F. i Vignon, V. 1994. Influence d'un autoroute sur les succès reproducteur de la Perdrix grise (*Perdix perdix*) en plaine de Grande Culture. *Gibier Faune Sauvage, Game Wild*, 11: 207-218.
- Bourquin, J. D., 1983. Mortalité des rapaces le long de l'amoroute Geneve-Lausanne. *Nos Oiseaux*, 37: 149-169.
- Carretero, M.A. i Rosell, C. 2000. Incidencia del atropello de anfibios, reptiles y otros vertebrados en un tramo de la carretera de construcción reciente. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.*, 11: 39-43.
- Comas, E., Roig, F. X., Gañán, M., Vila, A. i Cots, R. Estimació de la taxa de mortalitat de fauna a les carreteres de Menorca. *In: Pons, G.X. (edit.) IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*, Soc. Hist. Nat. Balears, 114-116.
- Costas, R. 1991. Estudio de la mortalidad de aves en varias carreteras del suroeste de Galicia durante primavera y verano. *Actas do Primeiro Congreso Galego de Ornitología*, pp. 219-230, Ed. Servicio de Publicaciones. Universidad de Santiago de Compostela.
- Cupul, F. 2002. *Victimas de la carretera: fauna apachurrada*. Gaceta CUC. Departamento de Ciencias. Centro Universitario de la Costa. México.
- Erickson, W.P., Jonson, G.D. i Young, D.P. 2005. *A Summary and Comparison of Bird Mortality from Antropogenic Causes with an Emphasis on Collicions*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.
- Forman, R.T. i Alexander, L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.
- Garnica, R. i Robles, L. 1986. Seguimiento de la mortalidad de erizos, *Erinaceus europaeus*, producida por vehículos en una carretera de poca circulación. *Misc. Zool.*, 10: 406-408.
- Gómez González, R. 1987. Encuesta sobre vertebrados muertos en las carreteras asturianas. *Asturnatura*, 6: 30-31.
- González-Prieto, S., Villarino, A. i Freán, M.M. 1993. Mortalidad de Vertebrados por atropello en una carretera nacional del NO de España. *Ecología*, 7: 375-389.
- Hainard, R. 1971. *Mammifères sauvages d'Europe I: Insectivores, Chéiropteres, Carnivores*. Ed. Delachaux. Neuchatel.
- Hansen, L. 1969. Trafikdøden i den danske dyreverden. *Dansk. Foren. Tidsskrift*, 63: 81-92.
- Jacobson, S.L. 2005. Mitigation Measures for Highway-caused Impacts to Birds. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.
- Muntaner, J. 2004. *Bufo viridis* (Laurenti, 1768). Sapo verde. Pp. 110-113. *In: Pleguezuelos, J. M., Márquez, R., Lizana, M. (Eds.). Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Tercera impresión. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Asociación Herpetológica Española, Madrid. 587 pp
- Noss, R. 2002 The ecological effects of roads. <http://www.eco-action.org/dt/roads.html>
- Quadreui, G. 1984. Il traffico stradale come causa di morte per gli uccelli in un'area della pianura padana. *Riv. Ital. Om.*, 54: 77-80.
- Roig, F. X., Comas, E., Vila, A. i Gañán, M. 2004. Estimació de les espècies més directament afectades per la circulació rodada a l'illa de Menorca. *In: Pons, G.X. (edit.) IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*, Soc. Hist. Nat. Balears, 112-113.
- Rosell, C. i Álvarez, G. 2003. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Informe nacional Acción COST 341. Comisión Europea-DGCN-U. Barcelona.
- Saint Girons, M. E. 1981. Notes sur les mammifères de France, XV. Les pipistrelles et la circulation routiere. *Mammalia*, 45: 131.
- Tenés A., Cahill S., Llimona F. i Molina G. 2007. Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el Área Metropolitana de Barcelona: quince años de

- seguimiento en el Parque de Collserola. *Galemys*, 19 (NE): 169-188.
- U.S. Fish and Wildlife Service 2002. Migratory bird mortality: Many human-caused threats afflict our bird populations. Brochure. Arlington, Division of Migratory Bird Management, Fish and Wildlife Service.
- Vignes, J.E. 1984. Les oiseaux victimes de la circulation routiere au Pays Basque français. *L'Oiseau et RFO*, 54: 137-148.
- Waetcher, A. 1979. Mortalité animale sur une route a grande circulation. *Mammalia*, 43(4): 577-579.

# Mapping species richness of endemic macroinvertebrates by overlapping distribution maps

Miquel PALMER, Guillem X. PONS, Raimundo OUTERELO, Eduard VIVES, Xavier BELLÉS, Lluç GARCIA, Marta LINDE, Lluís GÓMEZ-PUJOL and David MARCH

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Palmer, M., Pons, G.X., Outerelo, R., Vives, E., Bellés, X., Garcia, L., Linde, M., Gómez-Pujol, L. and March, D. 2012. Mapping species richness of endemic macroinvertebrates by overlapping distribution maps. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 99-122. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Inventory-based approaches (i.e., those that directly relate species richness to explanatory variables) do not work on the medium and local scale that was studied in this paper; even when ecologically-meaningful environmental predictors were used. The use of an alternative approach (*Taxon-based diversity mapping*) is proposed. This approach starts by modelling the probability of occurrence of twelve target endemic species using environmental variables as predictors. Next, it projects the probability of occurrence from 48 sampled sites to a grid of 532 1-km<sup>2</sup> units. Finally, the approach estimates endemic species richness at these 532 1-km<sup>2</sup> units by overlapping the twelve maps inferred. We also propose a new approach whose purpose is to detect possible false absences and unstable presences. These doubtful observations were excluded from ecological niche modelling. In addition to species richness, the patterns experienced by species composition were analysed. Species composition experienced strong changes (i.e., large turnover), while species richness remained constant. This stasis in species richness is neither related to low environmental variability (both the biotic and abiotic scenarios are diverse) nor to the lack of species-environment relationships (not only species composition but also species-specific responses are correlated with environment). The area studied is environmentally diverse and species turnover of the macroinvertebrate community was moderate to large. Species composition was significantly correlated with environment (minimum temperature). The predicted number of target endemic species per cell in 92% of the studied area fell between 3 and 5. Therefore *Taxon-based diversity mapping* has been confirmed as a valid alternative to conventional inventory-based diversity mapping. Additionally, the new procedure proposed here for dealing with noisy presence/absence data produces more accurate distributional maps of individual species.

**Keywords:** *species richness, distribution maps, occurrence patterns, spatial structure, GLZ modelling.*

CARTOGRAFIA DE LA RIQUESA D'ESPÈCIES DE MACROINVERTEBRATS ENDÈMICS A PARTIR DE LA SUPERPOSICIÓ DE MAPES. Els resultats de la cartografia biogeogràfica que es recolcen en predictors de significat ecològic derivats d'inventaris faunístics (i.e. aquells que relacionen directament la riquesa d'espècies amb variables explicatives) no acostumen a oferir resultats òptims a les escales espacials d'ordre mig i local, com les que aborda aquest treball en el marc de la Serra de Tramuntana (Mallorca). A mode d'alternativa es proposa l'ús d'un mètode de cartografia centrat en la diversitat dels tàxons. Aquesta aproximació modelitza la probabilitat d'aparició de dotze grups d'espècies endèmiques tot emprant les variables ambientals com a predictors. Així les coses, es representa la probabilitat d'ocurrència a partir de 48 punts de mostreig d'una xarxa de 532 cel·les d'1 km<sup>2</sup>. A partir de dites probabilitats es superposen els 12 mapes d'inferència per tal d'estimar

la riquesa d'espècies a cada una de les 532 unitats d'anàlisi. Adicionalment es proposa un mètode per detectar les falses absències així com les presències fortuïtes. Aquestes observacions dubtoses són excloses del model de nínxol ecològic. En paral·lel a la representació de la riquesa d'espècies, s'aborden els patrons d'agrupació d'espècies. La composició dels grups experimenta variacions importants, tot i que la riquesa d'espècies roman constant. Aquesta invariabilitat en el nombre d'espècies no sembla estar relacionada amb l'escassa variabilitat ambiental, ja que tant el marc biòtic com l'abiòtic són diversos, així com tampoc amb la manca de correlació entre espècies i medi (que es dona tant pel que fa a la composició d'espècies, així com també amb la resposta específica d'algunes espècies). L'àrea d'estudi és diversa des d'un punt de vista ambiental i el volum d'espècies de macroinvertebrats és de moderat a important. La composició dels grups d'espècies presenta una correlació significativament amb el medi (temperatura mínima). El nombre de grups d'espècies endèmiques per a un 92% de les unitats d'anàlisi oscil·la entre 3 i 5. Així doncs, la cartografia de la biodiversitat a partir de tàxons s'ha confirmat com una alternativa vàlida als mètodes convencionals fonamentats en inventaris. De més a més, la proposta per tal de detectar les falses absències/presències resulta en una cartografia de distribució específica de les espècies força més acurats.

**Keywords:** *riquesa d'espècies, mapes de distribució, patrons de presència, estructura espacial, modelització GLZ.*

*Miquel PALMER, Marta LINDE i David MARCH, Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marqués 21, 07190 Esporles. Raimundo OUTERELO, Departamento de Zoología y Antropología Física, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Novais 2, 28040 Madrid. Guillem X. PONS, Dept. Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, Cra. Valldemossa, km 7.5. Eduard VIVES, San Antoni 73, 08221 Terrassa. Xavier BELLÉS, Institut de Biologia Evolutiva (CSIC-UPF), Passeig Marítim 37, 08003 Barcelona. Lluç GARCIA, Museu Balear de Ciències Naturals, Cra. Palma-Port de Sóller km 30, 07100 Sóller. Lluís GÓMEZ-PUJOL, ICTS SOCIB, Sistema d'Observació i Predicció Costaner de les Illes Balears, Parc Bit, Cra. Valldemossa km 7.4, 07121 Palma. E-mail: lgomez-pujol@uib.cat.*

*Recepció del manuscrit: 03-mai-12; revisió acceptada: 22-nov-12*

## Introduction

The main goal of this contribution is to improve description and analysis of the patterns depicted by species richness, and to compare them with those suggested by species composition. Different types of causal hypotheses have been proposed to explain the spatial patterns of diversity at large scales (Ruggiero and Kitzberger, 2004). Energy-related hypotheses (e.g., Hawkins *et al.*, 2003) predict that an increase in productivity promotes an increase in both biomass and number of individuals, which, in turn, are related to higher diversity. The mechanistic link

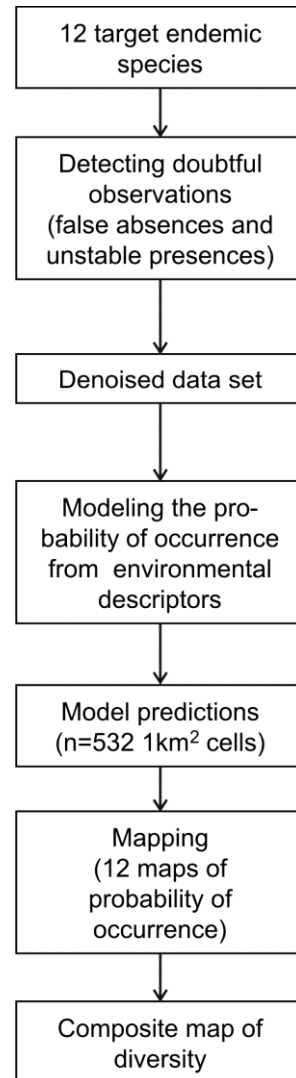
between biomass and diversity has been proposed by the Unified Neutral theory (Hubbell, 2001). Alternatively, different versions of the environmental variability hypothesis suggest that less variable environments enable a greater number of species to coexist because species are able to evolve and occupy narrower ecological niches (Brown and Lomolino, 1998). The potential effects of historical contingency have also been proposed to explain the occurrence of high diversity patches (Hawkins *et al.*, 2003). Finally, peaks of diversity occurring at the geographic centre of latitudinal or altitudinal gradients have been related to the effect of the mere

geometric limits. These limits constrain the species ranges and claim that these ranges increasingly overlap toward the centre (mid-domain effect, Colwell *et al.*, 2004). At the mesoscale, empirical models successfully estimate species richness from a variety of environmental variables (e.g., Stefanescu *et al.*, 2004; Bhattarai *et al.*, 2004; Pei-Fen *et al.*, 2004; Nogués-Bravo and Martínez-Rica, 2004; Mac Nally *et al.*, 2003). However, uncertainties on the causal processes involved usually remain. The problem is exacerbated in case studies at local scale because the variability in both the response (species richness) and/or the explanatory variables (environment) is usually too small to reveal any significant pattern. Therefore, the lack of theoretical and empirical models that precludes mapping diversity at local geographical scale is too great to be useful for environmental managers.

Here we explore an alternative approach for mapping diversity and species distributions at the local scale. *Taxon-based diversity mapping* derives diversity maps by overlaying the distribution maps of a number of target species (Müller *et al.*, 2003). The *a priori* selection of the specific set of target species is an important advantage for environmental managers because high diversity hot-spots, in terms of endangered or endemic species, are not confounded with other sites that display a large number of broadly distributed species. The analytical strategy adopted here is summarized in Figure 1. The method is grid-based and the diversity at each geographical unit could ideally be estimated by the number of target species occurring in this unit. However, the current level of knowledge on the spatial distribution of most species remains inadequate to be useful for this purpose. Therefore, the procedure for taxon-based mapping is to

infer the most plausible distribution for each species considered.

Such an inferential procedure masks a number of theoretical and applied caveats.



**Fig. 1.** General analytical strategy for taxon-based diversity mapping.

**Fig. 1.** Estratègia d'anàlisi per a la cartografia de biodiversitat basada en tàxons.

From a theoretical perspective, the conventional procedure for ecological niche modeling (the *correlative approach*; Soberón and Peterson, 2005) tries to find the correlation patterns between presence and/or absence of a species and environmental variables. It uses these patterns to extrapolate the areas of (predicted) occurrence from a relatively small number of surveyed sites to the entire landscape of interest (provided that the environmental data sets cover it). However, strictly speaking, this approach only finds regions that environmentally resemble those where occurrences are currently located (Soberón and Peterson, 2005). Interpretation of this correlation pattern, in terms of ecological niche (i.e., set of conditions under which a species is able to maintain populations without immigrations), should be done with caution because niche modeling is usually based only on abiotic data (e.g., climate, physical environment, soil conditions, and other variables typically implemented in geographic information systems). Species' occurrence also depends on: (i) the dispersal abilities of the species considered that can introduce a state of non-equilibrium between appropriate environment and species distribution; and (ii) biotic factors (mutualisms, competition, predation, etc.) (Soberón and Peterson, 2005).

Concerning the first point, it is expected that the importance of non-equilibrium due to dispersal is considerable at a large spatial scale but ameliorate at a small scale. All the points in the landscape should be considered reachable by a species when (i) the spatial scale is small, (ii) the biology of the species allows for efficient dispersal and (iii) the landscape does not include obvious barriers (Soberón and Peterson, 2005). All these three conditions are plausibly attained in the case considered here.

Concerning the second point, the subspace of sites with favorable abiotic conditions for a specific target species (the "fundamental ecological niche") does not necessarily coincide with the subspace of sites where appropriate species are present and inappropriate species (including man) are absent (Soberón and Peterson, 2005). Assuming that all the points in the landscape can be reached by a species, the intersection of these two subspaces constitutes the geographical expression of the *realized niche* (Soberón and Peterson, 2005). Consequently, any correlation inference based in the observed pattern of occurrence is restricted to the currently realized niche (as shown by Guisan and Zimmermann, 2000). However, even the inference of the geographical expression of the realized niche is problematic when: (i) using noisy presence/absence data-sets (data with false absences and unstable presences) and (ii) dealing with spatially-structured data-sets. Here, we propose a new procedure for dealing with noisy presence/absence data. We use a spatially-explicit modeling procedure for estimating the probability of occurrence of each of the target species in the entire scenario.

## Material and methods

### *Sampling and data*

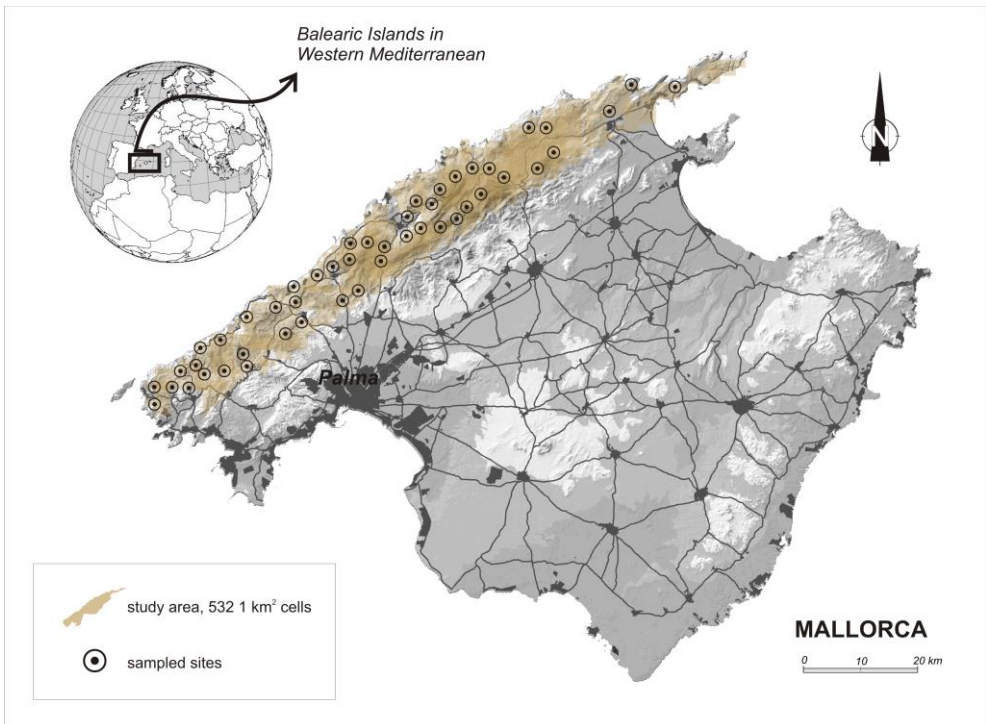
The island of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean) covers an area of 3640 km<sup>2</sup> and is located in the middle of the Western Mediterranean. It has a typical Mediterranean climate with hot dry summers and mild wet winters. The mean annual temperature is approximately 17°C, with mean winter and summer values of 10 and 25°C, respectively; the mean annual precipitation is about 500 mm and is mostly concentrated in autumn (Guijarro,



1986). The vegetation is typically Mediterranean with two clear community types: holm oaks, *Cyclamini-Quercetum ilicis*, with boreal characteristics abundant at the lowest altitudes and macchia and garrigue bushes, *Oleo-Ceratonion*, *Hypericion balearici*, *Rosmarino-Ericion* mainly in the drier lowlands (Bolòs, 1996).

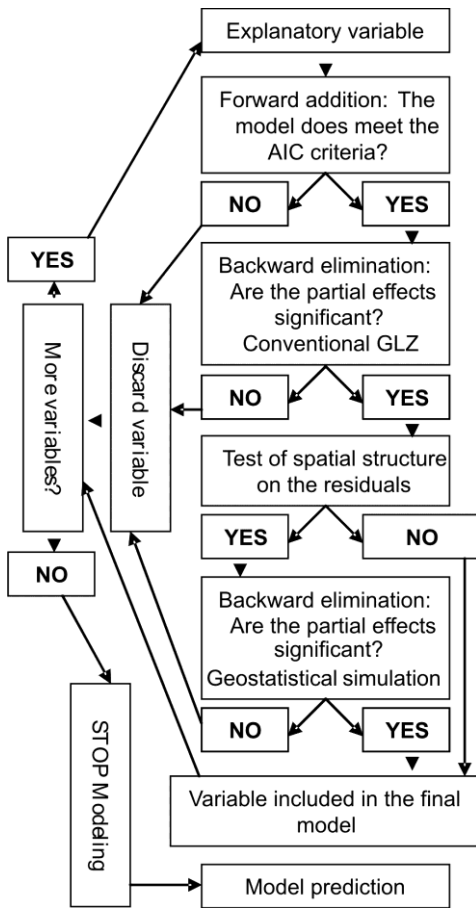
The study area is a mountain range located at the NW of Mallorca Island, rising from the seashore to 1445 m a.s.l. The Serra de Tramuntana forms the northwest side of the island and comprises several tectonic zones (Fallot, 1922; Gelabert, 1998), mainly built of Mesozoic sediments, cut by longitudinal valleys, karstic canyons and poljes, and with a spectacular cliffed coast (Gelabert *et al.*, 2003). The study area

comprises a grid of 532 UTM 1-km<sup>2</sup> cells. Coastal, urban, peri-urban, and intensive agricultural cells were not considered in the analysis. Forty-eight cells were selected and evenly distributed along the main range axis (100 km long) for sampling (Fig. 2). Five pitfall traps (10 cm wide; detergent and salt used as preservative) were set 2 m apart at each site. The position of the sites considered was GPS-determined. The traps remained in the field for two months (mid May –mid July). The sampling schedule was complemented with one hour of direct search (e.g. under stones) at each site on a 1000 m<sup>2</sup> plot around the pitfall traps. The lists of species obtained from the five pitfalls and from the direct search were pooled as a single sample per cell. We



**Fig. 2.** Location of the area studied and sampled sites.  
**Fig. 2.** Àrea d'estudi i localització dels punts de mostratge.

focused on four groups of invertebrates: Coleoptera, Arachnida, Isopoda and Gastropoda. In regard to Gastropoda, species were also considered to be present when empty shells were found. Some of the species (23 of 196; 11%) were not readily determinable and were identified as morphospecies (Oliver and Beattie, 1996).



**Fig. 3.** Analytical strategy for selecting the explanatory variables included in the species-specific final models.

**Fig. 3.** Estratègia analítica per a la selecció de variables explicatives incloses en els models finals específics per a espècies.

For each of the 48 cells sampled, the values of 12 explanatory variables were recorded. These variables included: altitude, aspect (transformed following Moisen and Frescino, 2002), slope, distance to the closest house (from the centre of the cell; ln-transformed), NVDI (a non-linear combination of reflectance at specific lambdas extracted from a LANDSAT satellite image; Kerr and Ostrovsky, 2003, Turner *et al.*, 2003). Climatic data including: annual average temperature, minimal and maximal average monthly temperature, minimum absolute monthly temperature, total precipitation, and actual and potential evapotranspiration, were estimated using a regression-based interpolation procedure (Guijarro, 1986). All these variables were also recorded also for each of the 532 UTM 1-km<sup>2</sup> cells of the entire landscape of interest. The methods and sources for estimating these values are detailed elsewhere (Palmer *et al.*, 2002).

### *Species richness conventional analysis*

A generalized linear model (GLZ) was used to model the relationships between species richness and environmental variables. Environmental variables were included in the model following a forward step-by-step sequence until the maximum explanatory power was reached. Then, some variables can be backward eliminated, looking for generality and significant partial effects of all the variables. The process of variable selection is summarized in Fig. 3. In order to avoid overfitting, the measure of explanatory power (deviance) was penalized by the number of variables included in the model. This was achieved using the AIC criterion. Some highly correlated environmental variables were *a priori* left out. The patterns of correlation between explanatory variables were depicted using Principal Components Analysis.

Some of the sampling sites are in close proximity to each other. At the local scale population dynamics, interspecific interactions and other biotic processes that operate only in the immediate neighborhood produce spatial autocorrelation, which in turn might mask environmental cues or suggest spurious relationships. Alternatively, nearby observations of species richness could be similar due to a spatially structured environment.

The statistical and conceptual problems posed by spatial structure have been considered elsewhere (e.g., Lennon, 2000; Diniz-Filho *et al.*, 2003; Lichstein *et al.*, 2002; Liebhold and Sharov, 1998; Fortin and Payette, 2005; Legendre *et al.*, 2002; Keitt *et al.*, 2002). Hypothesis testing tends to be too liberal when the assumption of independence of the residuals is violated (e.g., Lennon, 2000). In these cases, the null hypothesis of no correlation between species richness and environment is rejected more frequently than expected by chance.

The existence of spatial structure on the residuals (or on the raw data) can be explored using some methods. Here we use semivariograms (Legendre and Legendre, 1998). A semivariogram is a graph displaying a convenient measure of the variability of the between-site differences (semivariance; Legendre and Legendre, 1998) at progressively increasing distance intervals. The fitted variograms are used to predict the distance-related decay of a variable at any point in the landscape. This information is used by most of the methods capable of managing data that exhibit spatial structure.

Among these methods, we have selected geostatistical simulation (Liebhold and Sharov, 1998). This method simulates a random landscape with the same spatial structure exhibited by the observed

landscape. The strength of the relationship (measured, for example, by the F-statistic) between the response variable (species number) and the data extracted from the simulated landscape was measured. This process was iterated a large number of times and the F-value was recorded at each iteration. The distribution of F-values under the null-hypothesis was then constructed for each specific dataset and compared to the observed F-value.

Model building, semivariogram analysis and geostatistical simulation were completed with the libraries GeoR (Ribeiro and Diggle, 2001) and the tool RandomFields (Schlather, 2001) of the R package. The version 2.0.1 of the R package was used (<http://www.r-project.org/>).

### ***Taxon-based diversity mapping***

This second approach of diversity analysis involves building up the occurrence maps for a number of target species and inferring the underlying spatial pattern of diversity by summing these individual maps. The analytical strategy adopted here is summarized in Fig. 1.

Twelve target endemic species were chosen from the 24 endemic species detected in the studied area, with the constraint that their prevalence should fall between 20 and 80% in order to avoid considering very rare or very conspicuous species in the analysis (Table 1).

The statistical problems of inferring the unsuitable sites in conspicuous species are the same as inferring suitable sites for rare species. Moreover, very conspicuous species do not contribute to enhance between-site differences in biodiversity. In our case, the number of target endemics in a site was a surrogate of the total number of endemics ( $n = 48$ ;  $r = 0.85$ ; Prob.  $< 0.001$ ) and the total number of species ( $n = 48$ ;  $r = 0.61$ ; Prob.  $< 0.001$ ).

Class/Order	Species	Number of cells
Gastropoda	<i>Xerocrassa frater</i> (Dohrn and Heynemann, 1862)	46
Gastropoda*	<i>Iberellus balearicus</i> (Ziegler, 1853)	38
Gastropoda*	<i>Tudorella ferruginea</i> Lamarck, 1823	36
Coleoptera*	<i>Percus plicatus</i> Dejean, 1828	27
Arachnida*	<i>Euscorpius balearicus</i> Caporiacco, 1950	26
Gastropoda*	<i>Oxychilus lentiformis</i> Kobelt, 1882	24
Coleoptera*	<i>Phylan semicostatus</i> (Mulsant and Rey, 1854)	19
Arachnida*	<i>Malthonica balearica</i> Brignoli, 1978	18
Arachnida*	<i>Harpactea dufouri</i> Thorell, 1873	15
Coleoptera*	<i>Asida planipennis</i> Schaufuss, 1869	14
Coleoptera*	<i>Asida barceloi</i> Pérez Arcas, 1868	14
Arachnida*	<i>Nemesia brauni</i> Koch, 1882	14
Coleoptera*	<i>Nesotes viridicollis</i> (Schaufuss, 1869)	10
Coleoptera	<i>Alphasida depressa</i> (Solier, 1836)	6
Coleoptera	<i>Jekelius balearicus</i> (López-Colón, 1984)	5
Gastropoda	<i>Iberellus (Allognathus) graellsianus</i> (Pfeiffer, 1848)	4
Coleoptera	<i>Orthomus balearicus</i> (Piochard, 1867)	4
Arachnida	<i>Dasylobus ferrugineus</i> Thorell, 1876	4
Coleoptera	<i>Dendarus depressus</i> Reitter, 1915	3
Coleoptera	<i>Timarcha balearica</i> Gory, 1829	2
Coleoptera	<i>Platyderus majoricus</i> Jeanne, 1988	1
Isopoda	<i>Ballodillium pilosum</i> Vandel, 1961	1
Arachnida	<i>Hahnna hauseri</i> Brignoli, 1978	1
Coleoptera	<i>Xantholinus balearicus</i> Coiffait, 1962	1

**Table 1.** List of the endemisms found. The twelve target endemic species are indicated with an \*.  
**Taula 1.** Relació dels endemismes capturats. \* Espècies que formen part del grup diagnòstic.

### **Identifying and removing doubtful observations**

The essential procedure of taxon-based diversity mapping is to extrapolate the distribution of the target species from a relatively small number of sampled cells to all the cells of the landscape of interest (Müller *et al.*, 2003). This goal was achieved by using ecological niche modeling (Soberón and Peterson, 2005). However, theoretical background suggests that false absences (absences in sites where the species is currently present) and unstable presences (temporary presences in sites with unsuitable conditions for maintaining a stable population) have a significant impact in niche modeling and in projecting niche models onto maps. A

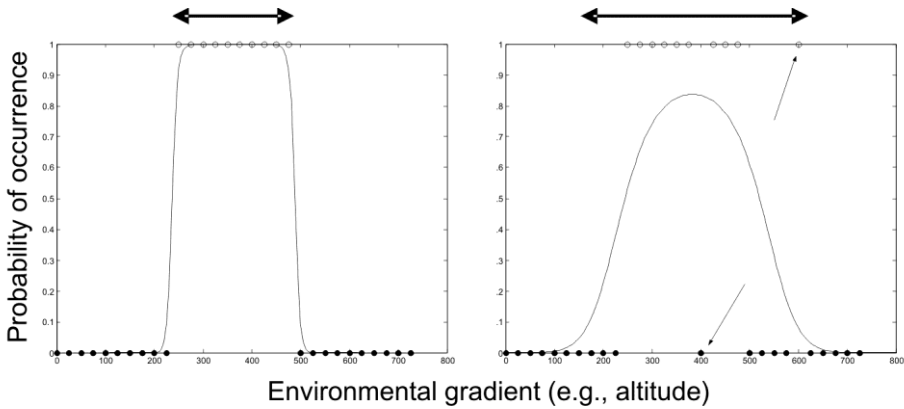
simplified example of the consequences of noise on the modeling procedure is shown in Fig. 4, where only two doubtful data points are introduced in an otherwise “clean” data set. The ecological tolerance is estimated to be larger in the noisy data set. Consequently, the geographical projection of these two models will be very different. Here, we propose that biases in ecological modeling related to data set noise could be ameliorated after the removal of these doubtful observations from the raw data. Specifically, the presence/absence data set for each target species was denoised using the information gathered from the presence/absence data of all other species in the community (Palmer *et al.*, 2003). The proposed vetting procedure was based on

the continuum theory, which implies a gradual change in species composition along continuous environmental gradients (Gauch and Whitaker, 1972; Putman and Wratten, 1984, ter Braak and Smilauer, 2002). In spite of the ongoing debate on the shape of the response curves of species to environment (Oksanen and Minchin, 2002), or on the rules controlling species turnover and species packing (Chave and Levin, 2003, Buttel and Durrett, 2002), it is reasonable to assume that some expectation on the presence/absence of an individual species could be deduced from the presence/absence of all other species in the community.

The analytical strategy for detecting doubtful observations is summarized in Fig. 5 and is comprised of three steps: (i) to

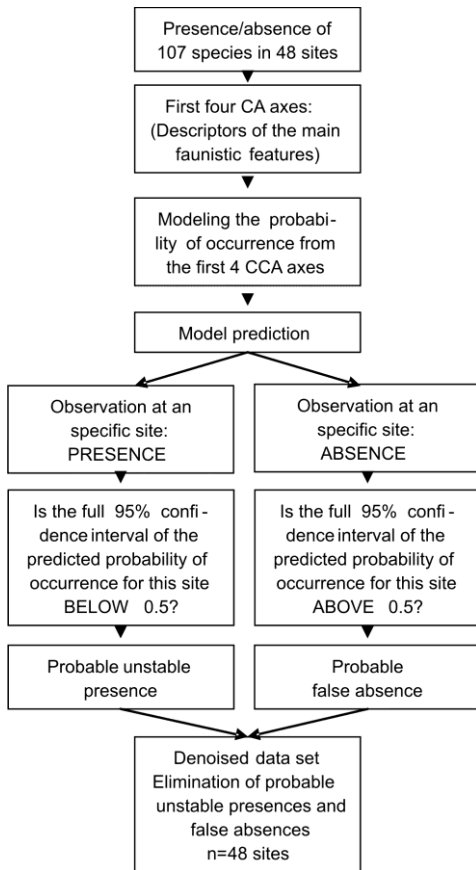
reduce the dimensionality of the raw data (presence/absence of 107 species in 48 sites), (ii) to model probability of occurrence and (iii) to use the confidence interval of the model predictions to detect doubtful observations.

The problem in the first step is that the number of species is usually too large in relation to the number of samples. This fact imposes numerical instability on any attempt to parameterize a model aimed at using all species as potential explanatory variables. Therefore, as a preliminary step, matrix dimensionality of the original presence/absence data set (107 species after the removal of 89 species that were detected in less than 5 sites) was reduced using Correspondence Analysis (CA, ter Braak and Smilauer, 2002). A specific site



**Fig. 4.** Simplified example of modelling two sets of presence/absence datasets. Occurrences are indicated by open circles and absences by closed circles. The lines are obtained by adjusting the data to a 2-degree logit model. A clear-cut relationship is shown in the left panel (the species occur at “middle altitude” only). The left panel shows the results after simulating one false absence (the species is not detected in one site, just in the middle) and one unstable presence. These two doubtful observations are denoted by arrows. The inferred ecological niche and the predicted spatial distribution will be broader in the second case.

**Fig. 4.** Exemples simplificats de dues de les aproximacions a la modelització de la presència/absència. Les presències estan representades per punts blancs i les absències per punts negres. El model de la gràfica de l'esquerra presenta uns límits clars entre les absències i les presències, mentre que el de la dreta, més inestables, presenten espècies no detectades o falses presències (indicats amb les fletxes). La inferència del nínxol ecològic i la predicció espacial de la distribució de l'espècie serà menys precisa en el segon dels casos.



**Fig. 5.** Summary of the procedure for detecting false absences and unstable presences.

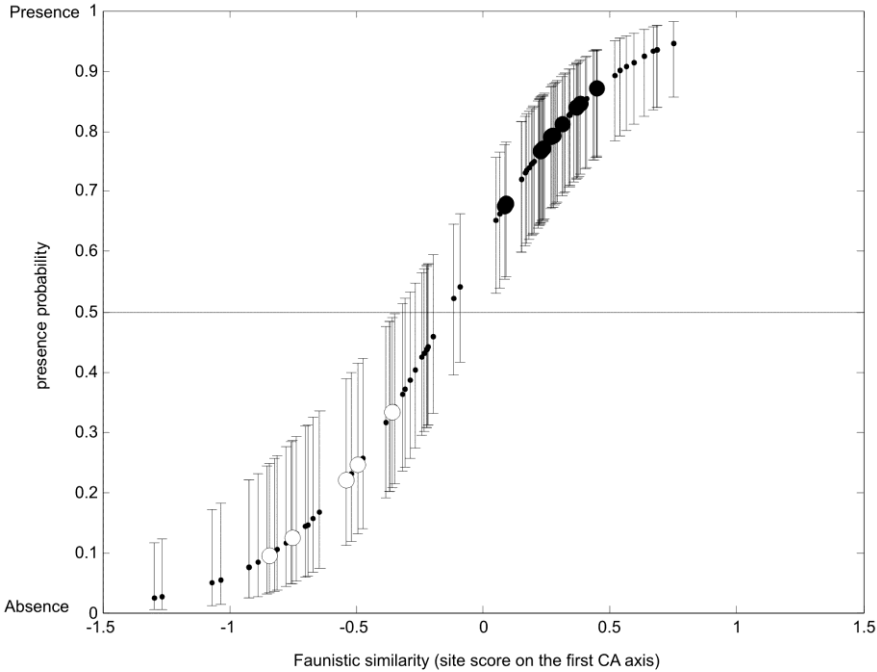
**Fig. 5.** *Resum del procediment per detectar falses absències o presències inestables.*

site can be viewed as a point in a space of 107 dimensions. The “scores” of each site on these 107 dimensions were the presence (1) or absence (0) of the 107 species. CA reduces the dimensionality of the original matrix similarly to Principal Components Analysis (PCA). All these techniques define a new space. The faunistic differences (determined using a convenient measure; here the chi-squared distance; Legendre and Legendre, 1998) between

sites are the same in the original space and in the space defined by the CA axes. However, in the new (CA) space, the first few axes summarize almost all the variability displayed by the 107 dimensions of the original space. Therefore, faunistic composition of each site can be approximately defined using the scores of the first few CA axes only without losing relevant information.

In the second step, presence/absence of the target species (response variable) was modeled using Generalized Linear modeling (GLM; 2-degree polynomial logistic model with binomial distribution of errors) on the scores of the first four CA axes (explanatory variables). This model predicted the probability of the occurrence of a target species on a specific set of values of CA axes. The latter are surrogates of a specific faunistic combination of presences of appropriate species and absences of inappropriate species. The selection of the best subset of the explanatory variables is the same as what was summarized in Fig. 3. It was fully explained in the previous section (Conventional analysis of species richness).

The third step consisted of detecting doubtful observations using the confidence interval of the model predictions (i.e., the probability of occurrence). A false absence was assumed to occur when the full 95% confidence interval of the expected probability of presence of the target species on a site was above 0.5. This occurred when a site was faunistically very similar to all other sites where the target species occurred (except for the absence of the target species). Similarly, a false presence was declared when the confidence interval fell below 0.5. This meant that the target species occurred in a site together with a very unusual species set, and an example of computer-simulated data is shown in Fig. 6.



**Fig. 6.** Example of the vetting procedure using computer simulated data. A community was simulated with the constraint of being correlated with a single environmental gradient. Therefore, the first CA axis accounts for almost all the faunistic variability. Presence/absence data of one target species (response variable) was modeled (logistic model) using the scores on the first CA axis as an explanatory variable. 95% confidence intervals of all samples are shown. Doubtful observations are indicated with a larger circle. Filled circles correspond to false absences (actual absences in sites with high probability of presence of the target species) and open circles to unstable presences (actual presences in sites with high probability of absence).

**Fig. 6.** Exemple del procés d'avaluació-selecció a partir de simulacions d'ordinador. Una comunitat és simulada amb les restriccions de la correlació amb un únic gradient ambiental. Així doncs, el primer eix de l'AC explica bona part de la variabilitat faunística. La presència/absència del grup diagnòstic d'espècies (variable depenent) fou modelitzada (model logístic) emprant les puntuacions del primer eix de l'AC com a variable explicativa. Es presenta l'interval del 95% de confiança per a totes les mostres, mentre que el casos dubtosos es marquen amb un cercle de majors dimensions. Els cercles negres corresponen a falses absències (absències a localitat amb una alta probabilitat de presència del grup diagnòstic) i els cercles blancs les falses presències (presències actual a localitats amb una alta probabilitat d'absència).

### **Ecological niche modeling**

Doubtful observations were removed and the denoised data sets were used for the ecological niche modeling. We used a

Generalized Linear model (GLZ; 2-degree polynomial logistic model with binomial distribution of errors). The best subset among the 12 putative environmental

predictors was selected using the same method described below (Fig. 3; the same combination of step-by-step forward procedure and backward testing of the partial effects of the variables already included in the model that has been detailed below). Up to 2-degree polynomial extensions of all the environmental variables was also considered in order to accommodate possible unimodal responses.

### ***Mapping diversity and species distribution***

The next step consisted of predicting the probability of occurrence of the 12 target species at the 532 1 km<sup>2</sup>-units (i.e., the entire landscape) using the best subset of explanatory variables as predictors. The best specific subset of explanatory variables was species-specific. The values of all the explanatory variables were known at each of the landscape cells.

The final step consisted of combining the 12 maps of probability of occurrence (one per species) into a single map that depicted the expected number of target species per cell.

The accuracy of the predictions of the ecological niche models corresponding to the full ( $n=48$ ) and the denoised data set ( $n\leq 48$ ) were compared using a threshold-independent method (AUC) because the model's output are probabilities of occurrence (Fielding and Bell, 2003). In addition to these empirical results, a computer simulation experiment also indicated that the maps produced by denoised data are more accurate than the corresponding maps inferred directly from the raw (observed) presence/absence data set.

Model building, ordination analyses (Correspondence analyses), semivariograms and geostatistical simulations were completed using the libraries Stat (basic module) GeoR (Ribeiro and Diggle, 2001),

RandomFields (Schlather, 2001) and Vegan (Oksanen, 2005) of the R package. The version 2.0.1 of the R package was used (<http://www.r-project.org/>). The detection of doubtful observations and the combination of the 12 maps were completed using MATLAB routines.

### ***Species composition patterns***

Univariate generalized linear models were used to evaluate the existence of significant correlation patterns between the responses of a single variable (e.g., species richness) to environment. However, species composition (presence/absence of 107 species) has a multivariate nature. Therefore, we use a multivariate direct method that relates a response matrix (presence /absence of 107 species in 48 sites) with an explanatory matrix (12 environmental variables). Specifically, we used Canonical Correspondence Analysis (CCA, Legendre and Legendre, 1998; ter Braak and Smilauer, 2002) to estimate how much variation in species composition (response variable) can be attributed to the environmental variables considered. Therefore, we focused on the capability of multivariate methods for testing the existence of a relationship between the main (in the sense of the most common for the species) faunistic gradients and their putative explanatory environmental variables. The ratio between the variability (inertia in the multivariate jargon) explained by the model and the residual inertia was used to test the model's significance (by using Monte Carlo permutation methods). The strategy adopted here for model building partially emulated the one shown in Fig. 3, but extrapolated from univariate to multivariate data. The selection of the best subset of explanatory variables was completed following a step-by-step forward addition procedure (AIC-based), and testing the significance of



partial effects (i.e., partial CCAs) of the variable added at each model building step.

Concerning the spatial structure, we applied recent developments aimed at integrating multivariate ordination techniques (e.g., canonical correspondence analysis) and geostatistics. We used diagnostic tools for testing autocorrelation of residuals and depicted any eventual scale-independent correlation structure (Wagner, 2003, Wagner, 2005, Couteron and Ollier, 2005). Emulating the univariate semivariograms described above, the raw multivariate data and the multivariate residuals (residuals from canonical correspondence analyses) can be partitioned by distance lags and integrated with geostatistics using multivariate variograms (Wagner, 2005). These variograms were used as diagnostic tools for: (i) looking for stationary (i.e., the spatial variability tends to stabilize at large distances), (ii) testing autocorrelation of the residuals (spatially-related variability in species composition not explained by the environmental variables included in CCA), and (iii) for exploring scale-dependent correlation structure (Wagner, 2005). This latter capability is very interesting because it compares the spatial structure of the overall variability (i.e., in the raw data) with the sum of the spatial variability of explained and unexplained variances. These quantities cancel out when the entire landscape is considered, but the spatial partitioning can evidence, for example, the existence of subareas displaying different relationships between species composition and environment (i.e., regionalization).

Multivariate analyses were completed using the R library *Vegan* (Oksanen, 2005). Calculations, significance tests and plotting of the multivariate variograms were completed using the R function *mso* (Wagner, 2005). The version 2.0.1 of the R

package was used (<http://www.r-project.org/>).

## Results

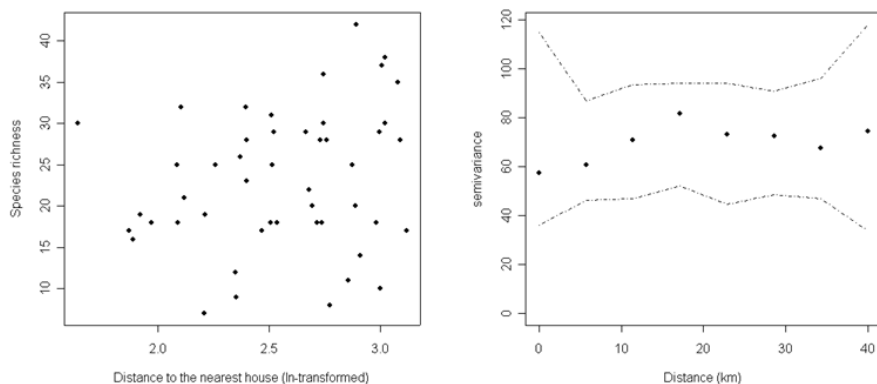
### *Species richness conventional analysis*

Sampling of the 48 sites rendered 196 species in the four macroinvertebrate groups considered (Coleoptera, Arachnida, Gastropoda and Isopoda). A GLZ analysis was completed using species richness as the response variable. None of the 12 environmental variables considered explained a significant amount of the variability found in species richness or in the number of endemic species. The best predictor of species richness was the log-transformed distance to the nearest house (*Houses*; GLZ with Gaussian-distributed residuals: Slope of the regression line=4.6; Probability that the slope were different from zero=0.14; AIC of the null model=343.0; AIC of the model=342.7; variance explained by the model 4.5%; Fig. 7). Log-transformation of the response variables rendered qualitatively the same results. Observations should be considered fully independent because the residuals of this best model did not display spatial structure (Fig. 7). The results obtained that replaced species richness with the number of endemic species were qualitatively comparable.

Therefore, it should be concluded that inventory-based approaches (i.e., those that directly relate species richness to explanatory variables) do not work at the scale studied even when using ecologically-meaningful environmental predictors.

### *Taxon-based diversity mapping*

The twelve target endemic species that were selected are listed in Table 1. For each species, the raw data (presence/absence in 48 cells) were first submitted to the vetting



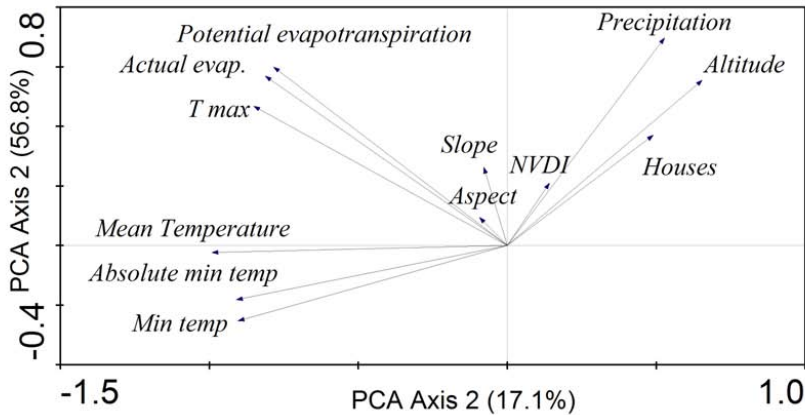
**Fig. 7.** Left panel: Scatter plot of the relationship between species richness and the environmental variable with the best explanatory power. Right panel: semivariogram of the residuals of this model (there is no evidence of spatial structure because the observed semivariations are within the 95% confidence interval envelope for the 8 lags considered).

**Fig. 7.** Gràfica esquerra: Gràfic de dispersió de la relació entre riquesa d'espècies i les variables ambientals de major poder explicatiu. Gràfica dreta: semivariograma dels residuals del model anterior (no hi ha evidències de cap estructura espacial perquè les semivariàncies observades s'ubiquen dins el marge de l'interval de confiança del 95% que inclou 8 dels lags considerats).

Species	Doubtful Observations	Variables selected	Explanatory power
<i>Iberellus balearicus</i> (Ziegler, 1853)	5	–	–
<i>Tudorella ferruginea</i> (Lamarck, 1923)	6	Tm	22.3%
<i>Percus plicatus</i> (Dejean, 1828)	3	Nvdi+Alt+PET <sup>2</sup>	29.3%
<i>Euscorpium balearicum</i> (Caporiacco, 1950)	0	Tma+TM <sup>2</sup> +Aspect <sup>2</sup>	37.2%
<i>Oxychilus lentiformis</i> (Kobelt, 1882)	2	T+Aspect	18.0%
<i>Phylan semicostatus</i> (Mulsant and Rey, 1854)	3	T+Alt <sup>2</sup>	23.1%
<i>Malthonica balearica</i> (Brignoli, 1978)	4	Prec+Slope	24.5%
<i>Harpactea dufouri</i> (Thorell, 1873)	1	Prec+T <sup>2</sup> +Aspect <sup>2</sup>	39.5%
<i>Asida planipennis</i> (Schaufuss, 1869)	4	Houses+slope	26.7%
<i>Asida barceloi</i> (Pérez Arcas, 1868)	4	T	7.3%
<i>Nemesia brauni</i> (Koch, 182)	4	Aspect+Slope <sup>2</sup>	30.0%
<i>Nesotes viridicollis</i> (Schaufuss, 1869)	2	Alt+Alt <sup>2</sup>	30.2%

**Table 2.** List of the 12 target species indicating the number of doubtful observations, the variables included in the predictive model and the explanatory power measures as  $100 \cdot r^2$ . Acronyms for variables are: Averaged minimum temperature (Tm), Altitude (Alt), Potential evapotranspiration (PET), Absolute minimum temperature (Tma), Averaged maximum temperature (TM), Mean temperature (T), Slope, Aspect, NVDI and Distance to the nearest house (Houses).

**Taula 2.** Llista de les 12 espècies de control i el nombre de presències dubtoses associades. Les variables incloses en el model predictiu i el poder explicatiu associat en la forma de  $100 \cdot r^2$ . Els acrònims són: Mitjana de les temperatures mínimes (Tm), altitud (Alt), potencial d'evapotranspiració (PET), temperatura mínima absoluta (Tma), Mitjana de les temperatures màximes (TM), temperatura mitjana (T), pendent, aspecte (orientació vessant), NVDI i distància a la casa més propera (Houses).



**Fig. 8.** Plot of principal component analysis of the 12 explanatory variables. The angle between two vectors is proportional to the correlation degree (e.g., Actual and potential evapotranspiration are highly correlated). Note, however, that variable vectors pointing in the same direction and opposite sense indicate that they are highly but inversely correlated (e.g., Min temp and Altitude).

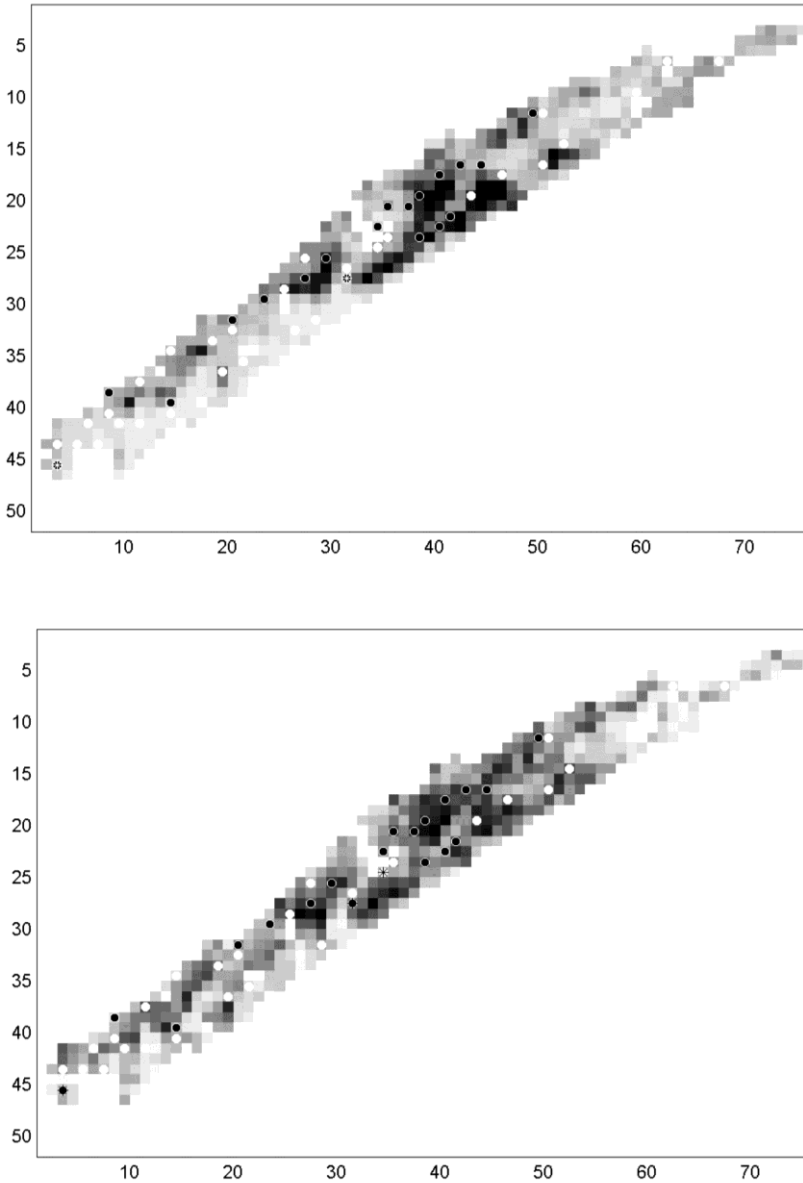
**Fig. 8.** Gràfic de components principals de les 12 variables explicatives. L'angle entre els dos vectors és proporcional al grau de correlació (e.g. l'evapotranspiració actuals i la potencial estan altament correlacionades). Observeu que variables amb vectors amb la mateixa direcció però de sentit oposat indiquen que les variables tenen una alta correlació, tot i que inversa. (e.g. Min temp i Altitude).

procedure described in Fig. 5, in order to detect false absences and unstable presences. The number of doubtful observations detected ranged between zero and six (Table 2). The environmental variables selected as the best predictors, and the variance explained by such models, depended on the species (Table 2). The principal component analysis of the explanatory variables showed that some variables were highly correlated (Fig. 8). For example, the human impact-related variable (distance to the nearest house) was significantly correlated with altitude ( $r=0.66$ ;  $\text{prob.}<0.0001$ ). However, in the cases where more than one variable was included, they were not severely correlated.

The results of the vetting procedure are exemplified in the case of *Phylan semicostatus*. The denoised data ( $n=45$ ) showed better accuracy ( $\text{AUC}=0.80$ ) in

comparison to the raw data ( $n=48$ ;  $\text{AUC}=0.69$ ;  $\text{AUC}$  varies from 1 [perfect model] to 0.5 [random model]). Concerning the other species,  $\text{AUC}$  either remained equal (no doubtful observations were detected in one case) or improved after the removal of doubtful observations. The predicted landscape of probabilities of occurrence of *Phylan semicostatus* for the raw data and the recoded data are compared in Fig 9. Occurrence was assumed when the probability for a cell was above 0.5; the predicted prevalence decreased from 28% (raw data) to 19% (recoded data).

No significant model was obtained for *Iberellus balearicus*. This species was problematic because the recoding procedure detected 5 false absences. Therefore, the observed prevalence increased from 79% to 88%. This example seems to reinforce the need to limit the use of logistic models to



**Fig. 9.** Maps of predicted probabilities of occurrence of *Phylan semicostatus* for the denoised data (upper panel) and the raw data (lower panel). Observed presences are denoted by a black point and observed absences by a white point. Doubtful observations are marked with an asterisk.

**Fig. 9.** Cartografia de la probabilitat de presència de *Phylan semicostatus* per a les dades filtrades (mapa superior) i les dades brutes (mapa inferior). Les presències s'indiquen amb un punt negre i les absències amb un punt blanc. Les presències dubtoses es marquen amb un asterisc.

species showing medium prevalence because the few absences observed do not provide enough information for characterizing unsuitable environmental conditions. The remaining models were all significant (Prob<0.01). The variance explained by these models (estimated following the method proposed by (Lichstein, Simons, et al. 2002) varied from 7.2% (*Asida barceloi*) to 39.5% (*Harpactea dufouri*; Table 2). The predictive power of the model corresponding to *Asida barceloi* was considered to be too low. The average predictive power of the other 10 models (26.2%) was acceptable, especially when the stochasticity related to presence/absence data is taken into account. The cases of *Iberellus balearicus* and *Asida barceloi* were not considered in the next analytical steps.

Finally, these ten maps were combined into a single map that summarized the expected number of endemic species per cell (Fig. 10). The stasis of the predicted number of target species per cell in the entire mountain range is noticeable. This figure fell between 3.0 and 5.0 target endemics per cell in 92% of the area studied. It is not plausible that this stasis resulted from an artifact related to the complex methodological approach adopted here because the method correctly reproduced computer simulated landscapes with areas displaying well-differentiated hot-spots of species richness.

The predicted data of the number of target species per cell did not suggest any clear relationship between diversity and environment. However, some groups of species can be recognized in regard to their spatial and ecological preferences. These species groups are: (i) conspicuous species (e.g., *Iberellus balearicus*), (ii) lowland species (with *Harpactea dufouri* being the clearest case), (iii) species that gradually

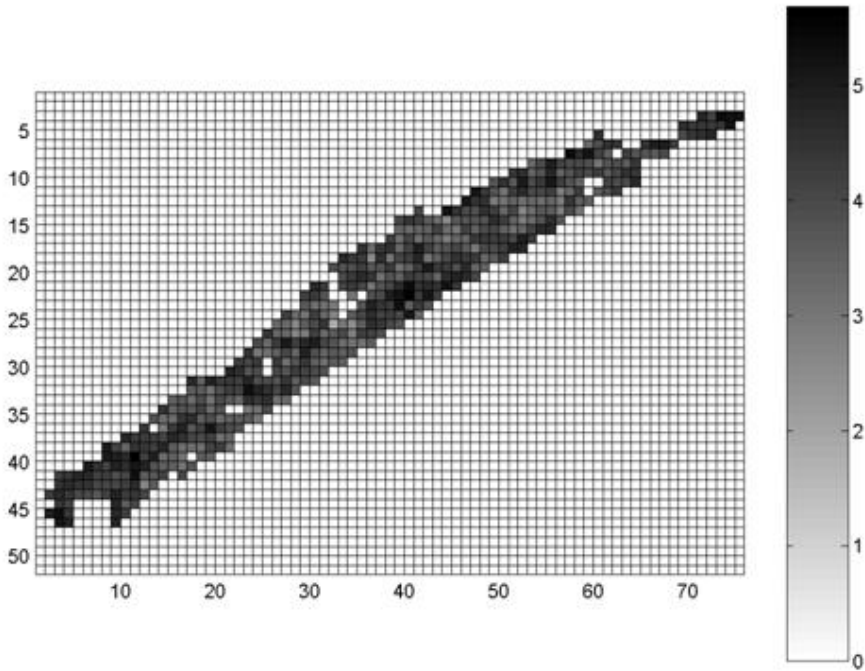
decrease in abundance toward the mountain tops and/or toward colder sites (e.g., *Euscorpis balearicus*, *Oxychilus lentiformis* and *Tudorella ferruginea*), (iv) mid-slope species (e.g., *Nesotes viridicollis*), and (v) highland species, typical of open habitats (*Phylan semicostatus* and *Asida planipennis*).

The four remaining target species displayed intermediate distribution patterns and can be included in more than one of the aforementioned categories. *Percus plicatus* deserves special attention because it shows two separate clusters of environmentally suitable cells. Interestingly, the morphological variability of this species (e.g., sculpture pattern of elytra) is noticeable, suggesting the possibility that differentiated populations share the studied area.

### **Correlation patterns in species composition**

Concerning the spatial structure of species composition, the variogram of CA scores indicated a significant spatial correlation between cells placed at first lag interval (i.e., cells located 0 to 5 km apart; Fig. 11).

However, spatial autocorrelation in this lag interval was not significant in the variogram corresponding to the CCA residuals (i.e., the variability unexplained by the environment; Fig. 11). This suggests that spatial structure in species composition is related to a spatially structured environment (Wagner, 2005). This CCA included minimum temperature as an explanatory variable (the proprieties of this model are detailed below). Additionally, the variance explained by the environment plus the residual variance always fell within the expected 95% confidence interval. This suggests that the relationship between environment and species composition is



**Fig. 10.** Diversity (expected number of target species per cell) map combining the probability of the presence of ten target species.

**Fig. 10.** *Cartografia de diversitat combinant els mapes de probabilitat de les diferents espècies diagnòstic (nombre probable d'espècies diagnòstic per cel·la).*

scale-independent or, in other words, there is no evidence of regionalization (i.e., subareas with different relationships between species composition and environment; Wagner, 2005). Moreover, the variances explained tend to stabilize, which agrees that any (spatially structured) hidden environmental variable was left out of the model (Wagner, 2005). In summary, the analyses of the spatial structure suggest that patterns and significance tests of standard CCA are fully meaningful.

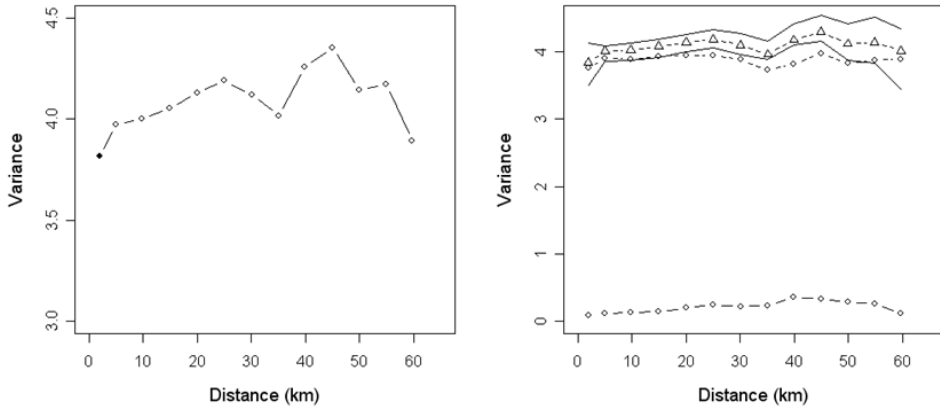
In contrast to the small variance found in species richness, variability in species composition was large (the total inertia of the raw data was 3.9). This suggests the occurrence of an important species turnover along the environmental gradient.

Concerning the relationship between species composition and the environment, a CCA with minimum temperature as the explanatory variable explained 7.6% of the total variability. The magnitude of the percentage of variance explained is apparently small. However, this figure is related to the response of 107 species, some of them slightly plausibly correlated with minimum temperature. In addition, presence/absence data does not allow a modulated response (as in the case of biomass, number of individuals or other abundance estimates). Therefore, the presence/absence data of a large number of species is prone to decrease the percentage of explained variance. Figures of variability explained below 10% are usual in this type

of study. However, the key point is that this figure is highly significant ( $n=48$ ; trace=0.292; F-ratio = 1.775; Prob. value < 0.0002) and points to a substantial impact of the environment on species composition (ter Braak and Smilauer, 2002).

### Discussion and concluding remarks

It has been claimed that ecological niche modeling (the correlative approach) only finds regions that environmentally resemble those where occurrences are currently



**Fig. 11.** Left panel: multivariate variogram of the raw data (i.e., results from correspondence analysis). Species composition is more similar than expected by chance at the first distance lag only (filled black point; probability <0.05 after applying the Bonferroni sequential correction). Right panel: multivariate variogram of the residuals extracted by a CCA model (the single explanatory variable included in the model was minimum temperature). The dashed line of points corresponds to the spatial variability in unexplained variance (the residuals of the CCA model). There is no spatial structure in the residuals (i.e., all lags show within-lag residual variance smaller than the expected by chance). The solid line of points (at the bottom) represents the spatial variability experienced by the variance explained by the CCA model. The envelope delimited by the solid lines defines the 95% confidence interval of the spatial variability of total variance (i.e., the CI for the variable displayed at the left panel but note the different vertical scale). The line of triangles describes the spatial variability of the sum of explained and unexplained variance.

**Fig. 11.** Gràfic esquerra: variograma multivariant de les dades brutes (i.e., resultats de l'anàlisi de correspondències). La composició de les espècies és només més semblant del que s'espera per atzar al primer interval de distàncies (punt negre; probabilitat <0.05 després d'aplicar la correcció seqüencial de Bonferroni). Gràfic dreta: variograma multivariant dels residuals producte del model CCA (l'única variable explicativa inclosa en el model és la temperatura mínima). La línia discontinua de punts correspon a la variabilitat espacial en la variància que no ha pogut ser explicada (els residuals del model CCA). No hi ha estructura espacial en els residuals. La línia sòlida de punts (a la base del panell) representa la variabilitat espacial explicada pel model CCA. Els límits que marquen les línies contínues delimiten l'interval de confiança del 95% de la variabilitat espacial de la variància total. La línia de triangles descriu la suma d'ambdues variàncies, l'explicada i la no explicada.

located (Soberón and Peterson, 2005). This approach is usually based on abiotic data only, when the occurrence pattern of a species also depends on biotic factors (i.e., presence/absence of other species). We propose that the vetting procedure described here (i.e., detection of false absences and unstable presences) represents not only a technical improvement (i.e., it increases the predictive power of statistical models) but also a theoretical one. The procedure is a way of introducing between-species interactions into the correlative approach by increasing the resemblance between the fundamental and the realized niche (after assuming that the entire geographical scenario can be reached by all the species). Note that we are not claiming the existence (and detailed description) of deterministic relationships (in a biologically explicit sense; e.g., host-parasite), but the existence of an empirical pattern resulting from the diffuse relationships of any individual species with a large number of other species in the community.

A second point is that Taxon-based diversity mapping is confirmed to be a valid alternative to conventional inventory-based diversity mapping. Inventory-based diversity mapping is a three-step process involving: 1) estimating species richness in a relatively small number of sites, 2) elaborating and evaluating a model relating species richness and environment, and 3) predicting species richness within a wider spatial area. In regard to the second step, no significant relationship has been found between species richness and environmental variables in our study, although these variables have been used successfully to predict species richness in other cases (e.g., Stefanescu *et al.*, 2004; Bhattarai *et al.*, 2004; Pei-Fen *et al.*, 2004; Nogués-Bravo and Martínez-Rica, 2004;

Mac Nally *et al.*, 2003). We argue that at relatively small spatial scales, the variability in species richness tends to be small. For example, the relationship between species richness and altitude is frequently unimodal (McCain, 2004), but this pattern most likely becomes undetectable when narrow altitude ranges are considered. Indeed, finding negative results when trying to demonstrate correlations between species richness and environmental variables is possibly the most frequent result of this type of analyses, although these negative results usually remain unreported.

A third interesting point is more specific to the case study presented here. The canonical view of a faunistic unit, as the one considered here, is that species composition experiences strong changes (i.e., large turnover), while species richness remains constant (or very stable). Consequently, conventional approaches fail to correlate species richness and environment. However, this stasis in species richness is neither related to low environmental variability (both the biotic and abiotic scenarios are diverse) nor to the lack of species-environment relationships (not only species composition but also species-specific responses are correlated with environment).

The diversity map obtained using Taxon-based diversity mapping showed that the number of endemic species remains stable along the entire mountain range considered, with two minor deviations. The first deviation concerns the decreased number of endemic species detected at some, but not all, lowland cells. Since, altitude and human-impact are correlated in the area studied (Fig. 8), it is difficult to attribute this decrease to human impact because effects of altitude and human



impact overlap (as in the case of Pei-Fen *et al.*, 2004). The surroundings of Pollença bay, a highly populated tourist center located in the NW of the area studied, is an example of lowland and extensively urbanized areas where this deviation occurs. The second deviation concerns the moderate decrease in diversity observed at the mountaintops. This decrease can be attributed to the reduced area located above 1000 m (the widely-accepted species-area relationship predicts a reduced species number in such a domain). It is also possible that the mountaintops were occupied by specialized species. These species could be locally abundant, but rare at the scale of the entire mountain range. Examples of rare species found only at the mountaintops are *Cyrtonus majoricensis* Breit and *Cryptocephalus tramuntanae* Petitpierre (Chrysomelidae, Coleoptera). In our study, all target species displayed a minimum prevalence of 20%. Consequently, it is possible that our selection was inadvertently against these specialized species.

These two minor deviations from the main trend do not invalidate the general statement that species richness remains insensitive to strong environmental gradients. Altitude in our case ranged from 100 to 1000 m. Vegetation cover changed from dense Oak tree and Pine tree woods in low to mid altitude, to open vegetation at the mountain tops. Human impact was diverse also, in spite of the exclusion of urban areas from the analysis. The fact that the number of endemic species remains constant along this environmental gradient invalidates the use of this crude number (as a surrogate of species richness) to identify biodiversity hotspots (geographical units of relatively small area and relatively large biodiversity) within the spatial scale considered (a 100 km mountain range).

Instead, the macroinvertebrate community studied showed important changes in species composition. This seems to be a general trend: species richness and other synthetic biodiversity indexes can experience small changes when under disturbance or other environmental constraints. For example, the number of species in some taxonomic groups remains insensitive to substantial habitat modification and maximum richness is not always reached in undisturbed habitats (Lawton *et al.*, 1998). The number of endemic species does not necessarily reflect pristine habitats because some endemic species can be found close to human settlements (Palmer *et al.*, 2004 and present study). Consequently, management decisions based on naive interpretations of biodiversity can be misleading. In contrast, the analysis of invertebrate species composition, especially if a broad taxonomical approach is used (Mattoni *et al.*, 2000), emerges as a suitable alternative to the correct interpretation of spatial and environmental gradients.

A final interesting point is that the area studied formed a unit from a faunistic point of view because it did not show any evidence of regionalization. Multivariate methods show that species composition remains correlated with the same set of environmental variables along the entire area. Spatial structure in species composition results from spatial structure in environmental variables. There is no evidence suggesting the existence of spatial autocorrelation in species composition due to population dynamics, species interactions or other biotic processes.

In summary, in cases like those presented here, managing decisions should not be founded upon species richness but on species composition. Additionally management decisions should include the entire distribution area because ranking of the

importance of some subsets of grid units in terms of diversity and species composition is not possible.

## Acknowledgements

The authors thank Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears and Caixa de Balears "Sa Nostra" for their financial support, and the land owners of the sampling sites for allowing us to install pitfall traps on their properties. J. Monrde and M. Mascaró invaluablely helped us during the fieldwork.

## References

- Bolòs, O. 1996. *La vegetació de les Illes Balears. Comunitats de plantes*. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- Fallot, P. 1922. *Etude géologique de la Sierra de Majorque*. Thèse d'état, Libr. Polytechnique Ch. Béranger, Paris and Liège. 480 pp.
- Gelabert, B. 1998. *La estructura geològica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. ITGME. Madrid.
- Gelabert, B., Fornós, J.J. and Gómez-Pujol, L. 2003. Geomorphological characteristics and slope processes associated with different basins: Mallorca (Western Mediterranean). *Geomorphology*, 52: 253-267.
- Guijarro, J.A. 1986. *Contribución a la bioclimatología de Baleares*. PhD Thesis. Universitat de les Illes Balears.
- Bhattarai, K.R., Vetaas, O.R. and Grytnes, J.A. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevation gradient, Nepal. *Journal of Biogeography*, 31: 389-400.
- Brown, J.H. and Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Assoc., Sunderland.
- Buttel, L. A. and Durret, R. 2002. Competition and species packing in patchy environments. *Theoretical Population Biology*, 61: 265-276.
- Chave, J. and Levin, S. 2003. Scale and scaling in ecological and economic systems. *Environmental and Resource Economics*, 26: 527-557.
- Colwell, R.K., Rahbek, C. and Gotelli, N.J. 2004. The Mid-Domain effect and species richness patterns: What have we learned so far?. *The American Naturalist*, 163: 1-23.
- Couteron, P. and Ollier, B. 2005. A generalized, variogram-based framework for multi-scale ordination. *Ecology*, 86: 828-834.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L. M. and Hawkins, B. A. 2003. Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, 12: 53-64.
- Fielding, A.H. and Bell, A.F. 2003. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24: 38-49.
- Fortin, M.J. and Payette, S. 2005. How to test the significance of the relation between spatially autocorrelated data at the landscape scale: A case study using fire and forest maps. *Ecoscience*, 9: 213-218.
- Gauch, H. G. and Whitaker, R. H. 1972. Coenocline simulation. *Ecology*, 53: 446-451.
- Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
- Hawkins, B., Porter, E.E. and Diniz-Filho, J.A.F. 2003. Productivity and history as predictors of the latitudinal diversity gradient of terrestrial birds. *Ecology*, 84: 1608-1623.
- Hubbell, S.P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Keitt, T H., Bjørnstad, O., Dixon, P. M. and Citron-Pousty, S. 2002. Accounting for spatial pattern when modelling organism-environment interactions. *Ecography*, 25: 616-625.
- Kerr, J.T. and Ostrovsky, M. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 299-305.
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava,

- D.S. and Watt, A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391: 72-76.
- Legendre, P., Dale, M.R.T., Fortin, M.J., Gurevitch, J., Hohn, M. and Myers, D. 2002. The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography*, 25: 601-615.
- Legendre, P. and Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Lennon, J.J. 2000. Red-shifts and red herrings in geographical ecology. *Ecography*, 23: 101-113.
- Lichstein, J.W., Simons, T.R., Shiner, S.A. and Franzreb, K. 2002. Spatial autocorrelation and autoregressive models in ecology. *Ecological Monographs*, 73: 445-463.
- Liebold, A.M. and Sharov, A.A. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. In Baumgartner, J., Brandmayr, P. and Manly, B.F.J. (ed.), *Population and community ecology for insect management and conservation*. Bakelma, Rotterdam.
- Mac Nally, R., Fleishman, E., Fay, J.P. and Murphy, D.D. 2003. Modelling butterflies species richness using mesoscale environmental variables: model construction and validation for mountain ranges in the Great Basin of western North America. *Biological Conservation*, 110: 21-31.
- Mattoni, R., Longcore, T. and Novotny, V. 2000. Arthropod monitoring for fine-scale habitat analysis: a case study of the El Segundo sand dunes. *Environmental Management*, 25: 445-452.
- McCain, C.M. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 31: 19-31.
- Moisen, G.G. and Frescino, T.S. 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157: 209-225.
- Müller, R., Nowicki, C., Barthlott, W. and Ibsch, P.L. 2003. Biodiversity and endemism mapping as tool for regional conservation planning - case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests in Bolivia. *Biodiversity and Conservation*, 12: 2005-2024.
- Nogués-Bravo, D. and Martínez-Rica, J.P. 2004. Factors controlling the spatial species richness pattern of four groups of terrestrial vertebrates in an area between two different geographic regions in the northern Spain. *Journal of Biogeography*, 31: 629-640.
- Oksanen, J. 2005. *Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial*. R package at: <http://cran.r-project.org/>.
- Oksanen, J. and Minchin, P.R. 2002. Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients?. *Ecological Modelling*, 157: 119-129.
- Oliver, I. and Beattie, A.J. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology*, 10: 99-109.
- Palmer, M., Gómez-Pujol, L., Pons, G. X., Mateu, J., Meminn, M. And Rodríguez, A. 2002. *Cartografia de la distribució d'espècies endèmiques i bioindicadores a la Serra de Tramuntana: una aproximació des de la teledetecció i la geoestadística*. Conselleria de Medi Ambient, Govern Balear, Palma de Mallorca. Informe inèdit.
- Palmer, M., Gómez-Pujol, L., Pons, G. X., Mateu, J. and Linde, M. 2003. Noisy data and distribution maps: The example of *Phylan semicostatus* Mulsant and Rey, 1984 (Coleoptera, Tenebrionidae) from Serra de Tramuntana (Mallorca, Western Mediterranean). *Graellsia*, 59: 389-398.
- Palmer, M., Linde, M. and Pons, G. X. 2004. Correlational patterns between invertebrate species composition and the presence of an invasive plant. *Acta Oecologica*, 26: 219-226.
- Pei-Fen, L., Tzung-Su, D., Fu-Hsiung, H., Shu, G. 2004. Breeding bird species richness in Taiwan: distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanization. *Journal of Biogeography*, 31: 307-314.
- Putman, R.J. and Wratten, S.D. 1984. *Principles of Ecology*. University of California Press, Berkeley.

- Ribeiro, P.J. and Diggle, P.J. 2001. *GeoR: A package for geostatistical analysis*. Available for download at: <http://cran.r-project.org>. *R-News*, 1, 15-18.
- Ruggiero, A. and Kitzberger, T. 2004. Environmental correlates of mammal species richness in South America: effects of spatial structure, taxonomy and geographical range. *Ecography*, 27: 401- 416.
- Schlather, M., 2001. Simulation of stationary and isotropic random fields. *R-News*, 1: 18-20.
- Soberón, J. and Peterson, A.T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1-10.
- Stefanescu, C., Herrando, S. and Páramo, F. 2004. Butterfly species richness in the north-west Mediterranean Basin: The role of natural and human-induced factors. *Journal Biogeography*, 31: 905-915.
- ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 2002. *CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community ordination*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E. and Steininger, M. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 306-314.
- Wagner, H.H. 2003. Spatial covariance in plant communities: integrating ordination, geostatistics, and variance testing. *Ecology*, 84: 1045-1057.
- Wagner, H.H. 2005. Direct multiscale ordination with canonical correspondence analysis. *Ecology*, 85: 342-351.

# Anàlisi de la intrusió marina derivada de l'extracció d'aigua per a l'abastament urbà a Ciutadella (Menorca, Illes Balears, Mediterrània Occidental)

Agustí RODRÍGUEZ-FLORIT, Anna MENCIO i David BRUSI

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Rodríguez-Florit, A., Menció, A. i Brusi, D. 2012. Anàlisi de la intrusió marina derivada de l'extracció d'aigua per a l'abastament urbà a Ciutadella (Menorca, Illes Balears, Mediterrània Occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 123-138. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

La Unitat Hidrogeològica Migjorn està constituïda per una plataforma carbonatada del Miocè Superior i representa la principal font de recursos hídrics de l'illa de Menorca. Aquesta unitat està afectada per un procés d'intrusió marina generalitzat tot i que es manifesta especialment en la seva part occidental. El present estudi, que integra tècniques de Tomografia Elèctrica (ERT) amb l'anàlisi de les dades hidroquímiques dels pous d'abastament urbà i de testificació dels sondejos d'aquests pous, permet realitzar noves aportacions al coneixement d'aquesta problemàtica hidrogeològica al municipi de Ciutadella de Menorca. L'anàlisi de les fàcies hidroquímiques i la seva evolució temporal indiquen que totes les mostres presenten fàcies clorurades sense excepció, però amb un repartiment molt desigual de les concentracions de l'ió clorur. Aquesta distribució és justificada per la presència d'estructures de col·lapse i carstificacions, detectades mitjançant Tomografia Elèctrica, així com per la variabilitat textural dels materials des dels quals es produeix el bombament

**Paraules clau:** *Intrusió marina, Recursos hídrics, Carst, Tomografia Elèctrica.*

ANALYSIS OF SEAWATER INTRUSION RESULTING FROM THE EXTRACTION OF URBAN WATER SUPPLY IN CIUTADELLA (MENORCA, BALEARIC ISLANDS, WESTERN MEDITERRANEAN). The Hydrogeological Unit Migjorn is composed of an Upper Miocene carbonate platform and represents the main water resource in the island of Menorca. This unit is affected by general seawater intrusion process preferably in the west. This study, integrating techniques of Electrical Resistivity Tomography (ERT) with hydrochemical data analysis from wells of urban water supply and correlation of borehole logs of these wells, allows new contributions to the knowledge of the hydrogeological problem in the town of Ciutadella de Menorca. Analysis of hydrochemical facies and its temporal evolution indicate all samples show chloride facies without exception, but with a very different distribution of chloride ion concentrations. This distribution is justified by the presence of collapse structures and karstifications detected by Electrical Resistivity Tomography, as well as textural variability of materials where the pumping occurs

**Key words:** *Seawater Intrusion, Water resources, Karst, Electrical Tomography.*

*Agustí RODRÍGUEZ-FLORIT; Geoservei Balears Projectes i Gestió Ambiental, Himàlaia, 37, 07703 Maó (adreça contacte: a.rodriguez@geoservei.com). Anna MENCIO i David BRUSI; Centre de Recerca en Geologia i Cartografia Ambiental (Geocamb), Departament de Ciències Ambientals, Universitat de Girona. Campus de Montilivi 17071 Girona.*

*Recepció del manuscrit: 4-dec-12; revisió acceptada: 30-des-12*

## Introducció

A l'illa de Menorca es diferencien tres unitats hidrogeològiques (DGOH (1989) i actualitzat per la DGRH (1998)): Migjorn (19.01), Albaida (19.02) i Fornells (19.03). La Unitat Hidrogeològica Migjorn (U.H. Migjorn) és amb 386,17 km<sup>2</sup> d'àrea permeable (Giménez *et al.*, 2004), la més extensa i representa la principal font de recursos hídrics de l'illa. Aquesta unitat es caracteritza per la presència d'una gran concentració de pous, molt d'ells amb una intensa taxa de bombament, associada als "pics" de demanda derivats de l'alta ocupació turística que, des dels anys 80, augmenta estacionalment les extraccions dels aqüífers. Segons el Pla Hidrològic de les Illes Balears (DGRH, 2011) el consum per a l'abastament urbà s'estableix en 11 hm<sup>3</sup>/any el que representa un 15,9% de la infiltració anual total que és dóna a l'aqüífer. A aquest fet, cal afegir les necessitats hídriques d'una emergent agricultura, que tot i que en les darreres dècades es troba en ple retrocés per l'abandonament de finques agràries, ha anat evolucionant cap a una agricultura intensiva que al llarg dels darrers anys ha incrementat la superfície de regadius. Segons DGRH (2011), s'estima el consum hídric d'aquests regadius en 10 hm<sup>3</sup>/any, un 14,5% de la infiltració anual total. Cal considerar que el 68,4% de l'aigua infiltrada en un any és descarregada de forma natural al mar.

Aquesta elevada pressió sobre la U. H. Migjorn s'ha traduït en una notable disminució de la qualitat hidroquímica de les aigües subterrànies, preferentment en els sectors oriental i occidental, on es troben els principals nuclis urbans de l'illa. Tot i que la problemàtica associada a la intrusió marina és present a la part de llevant, especialment a les costes dels municipis d'Es Castell i Sant Lluís, el sector oriental

de Menorca es caracteritza per un greu problema de contaminació per nitrats amb valors clarament superiors al màxim permès per les aigües de consum humà (50 mg NO<sub>3</sub>/L, d'acord amb el RD 140/2003 (BOE, 2003)). En canvi, en el sector de ponent, el bombament intensiu ha desencadenat un procés d'intrusió marina que ha provocat una notable pèrdua de qualitat per salinització de l'aqüífer, especialment al nord-est del nucli urbà de Ciutadella, com a conseqüència de les extraccions per abastament urbà que es realitzen al paratge conegut com Es Caragolí.

Cal considerar que l'estudi del procés de la intrusió marina a les Illes Balears s'ha centrat especialment en treballs específics a l'illa de Mallorca (Barón i González (1978), Barón *et al.* (1984), Custodio *et al.* (1992), López-García i Mateos (2003a), Mateos i López (2003), López i Mateos (2006) i Mateos (2007)). En el cas de Menorca, la problemàtica ha estat abordada pel *Instituto Geológico y Minero de España* (IGME) i per la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear (DGRH), principalment mitjançant els informes de caràcter intern, on es recull i integra la informació obtinguda per les xarxes de control dels nivells piezomètrics i qualitat hidroquímica d'ambdós organismes a Menorca (IGME i DGRH, 2001, 2004 i 2006). Entre les publicacions existents que caracteritzen la intrusió marina a Menorca, es troben els treballs de López-García i Mateos (2003b) i Giménez *et al.* (2004).

El principal objectiu d'aquesta contribució és presentar els resultats de la diagnosi sobre la problemàtica hidrogeològica derivada de la intensa extracció d'aigua que durant els darrers 35 anys s'ha produït a Ciutadella a la zona d'Es Caragolí. Aquestes noves dades permeten millorar el coneixement del medi físic de la

zona, millora necessària per comprendre els processos hidrogeològics que s'hi desenvolupen.

### Enquadrament geològic

En termes generals, la regió de Migjorn de Menorca està constituïda per calcàries i calcarenites del Miocè Superior. Tot i així, les fàcies presents en aquest sector mostren una important variabilitat textural. Així les coses, a partir de la subdivisió estratigràfica del Miocè menorquí realitzada inicialment per Obrador (1970) i Obrador *et al.* (1983) i actualitzada per Pomar *et al.* (2002) i Obrador i Pomar (2004), poden diferenciar-se dues unitats principals. Per una banda la Unitat Inferior de Barres (UIB), corresponent a la Unitat intermèdia i part de la Superior de Rosell i Llompart (1983) i on inclouen la major part del Miocè i per l'altra la Unitat d'Esculls (UE) equivalent, en part, a la Unitat Superior definida per Rosell i Llompart (1983). Pomar *et al.* (2002) i Obrador i Pomar (2004) diferencien una tercera Unitat Basal Conglomeràtica (UBC) (part de la Unitat inferior de Rosell i Llompart (1983) anomenada posteriorment Unitat de Conglomerats Basals (Rosell i Llompart, 2002) corresponent als primers sediments del Neogen a Menorca majoritàriament del Miocè inferior/mitjà. Segons Pomar *et al.* (2002) i Obrador i Pomar (2004), litològicament la UIB mostra una alternança de calcarenites i calcàries detrítiques llimoses amb una gran variabilitat textural amb *packstones* i *grainstones* dominants i dipositades en un ambient de rampa progradant. La UE disposada en un ambient de plataforma escullosa amb abundants cossos bioconstruïts i sempre per sobre de l'anterior, presenta unes característiques litològiques molt similars a la UIB però amb un major predomini calcarenític. D'aspecte en

general més massiu, aquestes fàcies són força diverses ja que depenen del subambient deposicional. La tercera unitat (UBC) està constituïda bàsicament per conglomerats. A la zona de Ciutadella aquestes fàcies estan formades per còdols i blocs dolomítics procedents del sòcol i s'interpreten com a dipòsits d'ambient litoral o de peu de penya-segats.

El sòcol mesozoic de la zona d'estudi està integrat fonamentalment per dolomies i calcàries del Juràssic que també s'inclouen en la U.H. Migjorn. Aquest aflora a l'extrem occidental del municipi (Pont d'en Gil, Bajolí i Punta Nati), al nord a la zona de "Curniola" i extensament a "Son Planes" des de Biniatrap a prop de Cala Morell fins a la carretera general Me-1.

### Material i Mètodes

La metodologia utilitzada s'ha estructurat en tres fases de treball correlatives en el temps, on la integració de tècniques de prospecció geofísica, de correlació amb testimonis de sondatges i d'anàlisi de dades hidroquímiques i piezomètriques de les aigües subterrànies, permeten realitzar una correcta diagnosi de la problemàtica que representa la intrusió marina en aqüífers costaners, tal i com es descriu a Mas-Pla *et al.* (2012).

L'anàlisi hidroquímica i piezomètrica s'ha realitzat mitjançant les dades recollides per les xarxes de control de la DGRH al llarg dels darrers 12 anys i han estat facilitades per aquesta institució per a aquest treball. D'aquesta manera, s'ha pogut determinar l'estat i l'evolució hidroquímica de les aigües subterrànies en la zona d'estudi. Mitjançant les analítiques de les mostres de 10 pous inclosos en l'àmbit d'estudi (Fig. 1), s'ha realitzat la caracterització hidroquímica de la zona

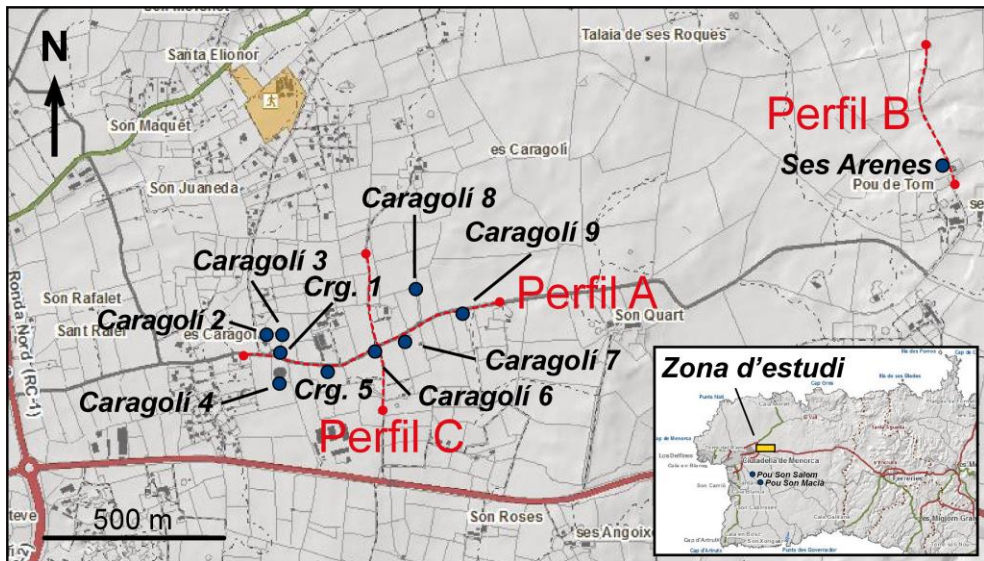
d'estudi mitjançant diagrames de Piper a partir de les concentracions de cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Na}^+$ ) i anions majoritaris ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{Cl}^-$ ). Aquestes dades corresponen al període comprès entre setembre de 1997 i juliol de 2009. De la mateixa manera, s'han tingut en compte les evolucions de les concentracions de clorurs a partir de les analítiques cedides per la DGRH i el servei d'aigües de l'Ajuntament de Ciutadella en un període comprès entre el 1997 i el 2010.

Pel que fa als nivells hidràulics, s'ha treballat principalment mitjançant les dades dels piezòmetres que la DGRH controla als pous Caragolí 4, 5, 8 i Ses Arenes, pel mateix període de temps.

Complementàriament, s'ha dut a terme una campanya de prospecció geofísica mitjançant el mètode de Resistivitats per Tomografia Elèctrica (ERT) que ha permès

caracteritzar geològicament el subsòl de Es Caragolí i detectar anomalies associades al procés d'intrusió marina, així com zones anòmales relacionades amb cavitats i conductes càrstics. S'han pres 13.000 mesures de resistivitat registrades en 12 perfils bidimensionals de Tomografia Elèctrica al llarg del camp de bombament d'Es Caragolí. En aquest treball es mostren els tres perfils més representatius (Fig. 1).

El mètode elèctric de prospecció geofísica, basat en l'estudi de resistivitats, és un dels més utilitzats en el camp de la geofísica moderna i es fonamenta en l'anàlisi de la resistència que oposen els cossos geològics al pas d'un corrent elèctric continu introduït al terreny mitjançant elèctrodes disposats en línia recta i separats per una mateixa distància. En el mètode clàssic de prospecció elèctrica per a cada mesura de resistivitat s'utilitzen quatre



**Fig. 1.** Zona d'estudi: Camp de bombament de Es Caragolí. Situació dels pous per a l'abastament urbà de Ciutadella i traçat dels perfils de Tomografia Elèctrica.

**Fig. 1.** Study area: Es Caragolí pumping field. Location of the wells of urban water supply of Ciutadella and draw of Electrical Tomography profiles.

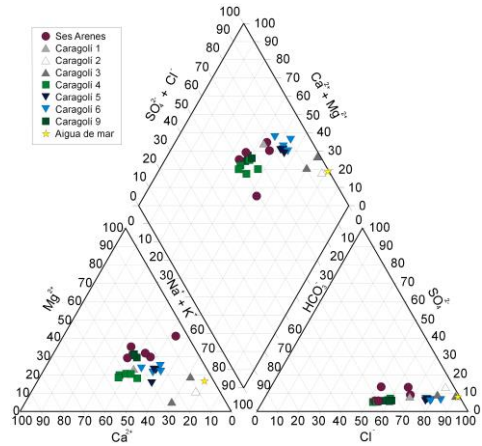


model bidimensional utilitzat pel programa B) que es troben connectats a una font d'energia d'intensitat coneguda, s'introdueix en el terreny un corrent continu, i mitjançant els altres dos (M i N) es mesura la diferència de potencial. Amb aquestes dues mesures (intensitat i diferència de potencial) s'obté la resistivitat aparent del material afectat pel corrent elèctric en diferents punts del subsòl. Per optimitzar l'adquisició de dades, amb la tècnica d'ERT les mesures es realitzen utilitzant un gran nombre d'elèctrodes fixes (61 en aquest treball) connectats a un cable multi-nucli. Un ordinador portàtil juntament amb un connector electrònic seleccionen automàticament els quatre elèctrodes AB-MN corresponents per a cada mesura (Griffith *et al.*, 1990).

La separació entre elèctrodes condicional, en funció del problema plantejat, el grau de resolució i la profunditat d'investigació, de tal manera que a menor separació major resolució i a major separació major profunditat. Això fa que el rang d'estudi pugui variar des de pocs a centenars de metres de profunditat. Amb l'equip *ABEM SAS1000 Terrameter and Lund electrode selector system* (ABEM Instrument AB, Estocolm, Suècia) utilitzat per aquest estudi, s'ha treballat amb una separació electròdica de 5 m, amb la qual s'ha assolit una profunditat d'investigació d'entre 70 i 75 m.

El diferent comportament geoelectric del medi, permet obtenir seccions bidimensionals o pseudoseccions de resistivitats aparents del terreny. Les mesures de resistivitat recollides amb un equip d'ERT són tractades posteriorment mitjançant algorismes d'inversió amb el *software RES2DINV* (Geotomo Software, Gelugor, Malàisia) desenvolupat per Loke i Barker (1996) i Loke *et al.* (2003), el qual determina automàticament i en pocs minuts,

un model bidimensional de resistivitats reals del subsòl a partir del conjunt de dades que constitueixen la pseudosecció de resistivitats aparents mesurades al camp. El model bidimensional utilitzat pel programa consisteix en un conjunt de blocs rectan-



**Fig. 2.** Diagrames de Piper-Hill del conjunt de mostres amb una anàlisi completa. Mitjançant l'anàlisi dels cations poden diferenciar-se tres grups diferents. Un primer grup correspon a fàcies sòdico-magnèsiques (Ses Arenes i Caragoli 9), el segon grup presenta fàcies sòdico-càlciques (Caragoli 4, 5 i 6) i el tercer (Caragoli 2 i 3) mostra fàcies sòdiques i indica que és el més afectat pel procés de mescla amb el mar. La composició hidroquímica de l'aigua de mar ha estat establerta mitjançant una mostra corresponent a la Costa Daurada (Kruse i Mas-Pla, 2009).

**Fig. 2.** Piper-Hill diagrams of the whole of samples with a complete analysis. Analysis of cations allows differentiating three different groups. The first one corresponds to sodium-magnesium facies (Ses Arenes and Caragoli 9), the second group presents sodium-calcium facies (Caragoli 4, 5 and 6) and the third group (Caragoli 2 and 3) shows sodium facies, indicating this group is the most affected by the process of mixing with the sea. The hydrochemical composition of seawater has been established by a sample corresponding to the Costa Daurada (Kruse and Mas-Pla, 2009).

gulars distribuïts segons els punts de mesura de la pseudosecció.

Per a realitzar el càlcul dels valors de resistivitat s'utilitza una subrutina de modelització directa, així com una tècnica d'optimització no lineal de mínims quadrats per a la rutina d'inversió (deGroot-Hedlin i Constable, 1990; Sasaki, 1992 i Loke i Barker, 1996). Durant el procés d'inversió, es produeixen successives comparacions entre les dades mesurades al camp i la resposta del model, que es va actualitzant en cada iteració. Si la comparació és bona es deté el procés d'iteració, si l'ajust no és bo, el procés continua fins que s'arriba a la convergència. La comparació entre els valors mesurats i els obtinguts en el model d'inversió són indicatius de l'error d'ajust del model.

La interpretació de les dades geofísiques s'ha recolzat amb la comparació dels models obtinguts amb columnes reals procedents de sondatges de reco-neixement existents a la zona d'estudi. D'aquesta manera, s'ha procedit al reconeixement i testificació de diversos sondejos per a complementar i corroborar les dades obtingudes mitjançant les tècniques geofísiques.

Aquests sondejos foren perforats per a la instal·lació de la Xarxa de piezòmetres de la DGRH a Menorca, cedits a l'Institut Menorquí d'Estudis (IME) l'any 2006 i emmagatzemats a la Fortalesa de La Mola de Maó. Per aquesta part del treball s'ha realitzat una selecció d'11 sondejos dels 33 localitzats al municipi de Ciutadella, prioritzant l'estat de conservació la proximitat als perfils geofísics.

## **Resultats i discussió**

Mitjançant les dades d'hidroquimisme de les quals es disposa de diverses anàlisis

completes en la major part dels pous estudiats, s'ha realitzat un diagrama de Piper (Fig. 2) per a la caracterització hidroquímica de la zona. D'aquesta manera, s'han utilitzat les dades de 8 dels 10 pous que constitueixen el camp de bombament per abastament urbà de Es Caragolí, així com de dos pous situats al sud del municipi (Son Salom i Son Macià). Per falta d'anàlisis completes no s'han pogut utilitzar les dels pous Caragolí 7 i 8. La representació dels anions permet comprovar que totes les mostres considerades presenten fàcies clorurades sense excepcions i que per tant estan afectades per un procés d'intrusió marina.

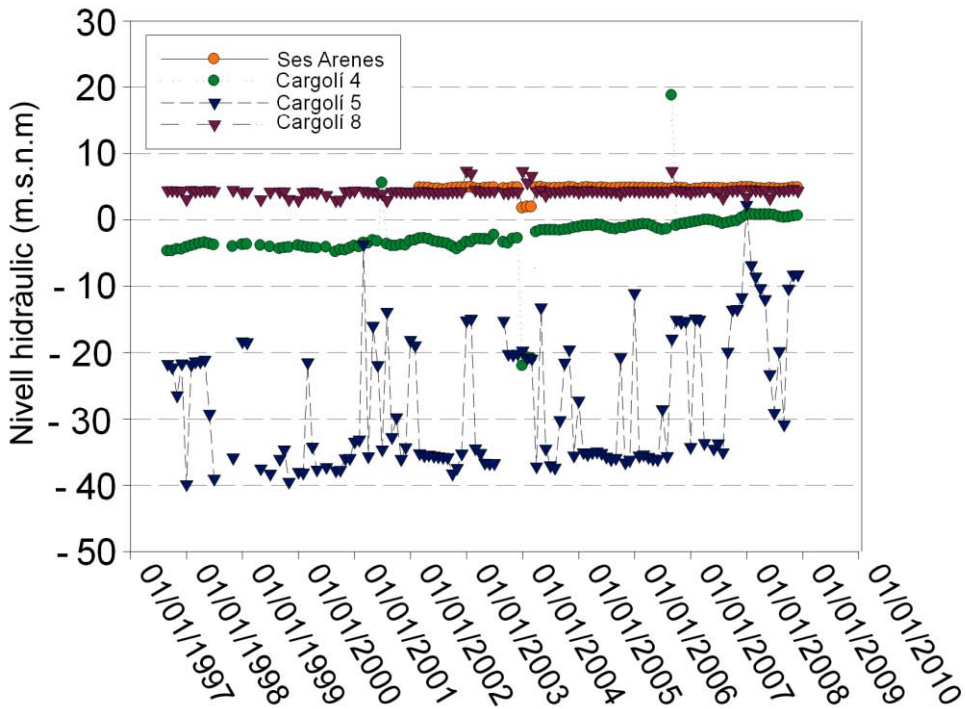
L'anàlisi dels cations permet diferenciar tres grups de fàcies hidroquímiques. El primer grup està format per les mostres de Ses Arenes i Caragolí 9 i correspon a unes fàcies de tipus sòdico-magnèsiques, per tant, amb proporcions equivalents de sodi i magnesi, que indicarien un bombament d'aquests pous des de materials dolomítics. Les mostres dels pous Caragolí 4, 5, 6 i Son Macià presenten fàcies sòdico-càlciques i per aquest motiu i a diferència de les anteriors, estarien més influenciades per materials calcaris. Tot i així, les mostres dels pous Caragolí 4, 5 i 6 contenen fins a un 20% de magnesi i d'aquesta manera cal considerar l'efecte de la dissolució de carbonats amb un cert contingut en magnesi. Al pou de Son Macià, la proporció de magnesi és inferior i es considera una major presència de calcarenites cap al sud del municipi. El tercer grup considerat mostra fàcies de tipus sòdiques i està format pels pous Caragolí 2 i 3 i Son Salom, sent aquest darrer grup el més afectat pel procés de mescla amb l'aigua de mar.

La representació del conjunt de dades piezomètriques en condicions estàtiques (Fig. 3) permet observar un comportament

variable en funció del pou considerat. Cal destacar que tots els pous bomben per sota el nivell del mar. Des de la seva entrada en funcionament al 2001, el pou de Ses Arenes manté el seu nivell molt estable, a 4,6 m s.n.m. Per contra, al pou Caragolí 4 s'hi observa una tendència positiva del nivell de -5 m a 0,8 m. Els nivells d'aquest pou es mostren molt constants fins al primer semestre de 2003 on s'inicia una recuperació fins al 2007 on s'observa una estabilització a la cota esmentada, tot i que amb una lleugera tendència ascendent.

Aquesta recuperació es relaciona amb la disminució del cabal bombejat per aquest pou, que es veu compensat pel volum d'aigua extret pels nous pous de Ses Arenes.

L'evolució del nivell hidràulic del pou Caragolí 5 es mostra molt variable com a conseqüència de l'efecte d'un pou molt pròxim, el Caragolí 6. Així, encara que durant la presa de mesures el pou Caragolí 5 no bomba, el seu nivell varia en funció de si ho fa el pou Caragolí 6. D'aquesta manera, quan el pou Caragolí 6 es troba en



**Fig. 3.** Evolució dels nivells hidràulics en condicions estàtiques dels pous Ses Arenes, Caragolí 4, Caragolí 5 i Caragolí 8. Dades recollides per les xarxes de control de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear.

**Fig. 3.** Evolution of hydraulic levels under static conditions of wells Ses Arenes, Caragolí 4, Caragolí 5 and Caragolí 8. Data collected by the control networks of the Direcció General de Recursos Hídrics of the Govern Balear.

funcionament els nivells del pou Caragolí 5 es situen entre -39 m i -33 m, mostrant una recuperació a partir de l'any 2001 coincidint també amb l'entrada en funcionament dels pous de Ses Arenes. El poc ús al que ha estat sotmès el pou Caragolí 8 als darrers 15 anys es manifesten amb una evolució del nivell molt constant a 4,3 m. El conjunt de nivells representats mostren que els del pou Caragolí 5 són els que es troben en pitjors condicions. Tanmateix, cal considerar que la proximitat a la que es troben els pous Caragolí 4, Caragolí 5 i Caragolí 8 faria esperar uns nivells hidràulics més similars entre sí dels que s'observen. Aquesta variació, considerablement significativa, cal associar-la a diferències de permeabilitat dels materials des de on es produeix el bombament.

La comparació dels nivells hidràulics i l'evolució temporal de la concentració de clorur no evidencia que la disminució dels cabals extrets comporti una recuperació de la qualitat de l'aigua. Així, la relació entre el nivell del pou Caragolí 4 i l'evolució de l'ió clorur dels pous Caragolí 4 i 9 (Fig. 4A), revela que la recuperació del nivell hidràulic no ha representat una millora en la concentració de clorurs.

Per contra, s'observa un increment de clorurs que és significativament superior al comparar les evolucions dels anys 2007 i 2009/10. Aquestes s'han situat en màxims

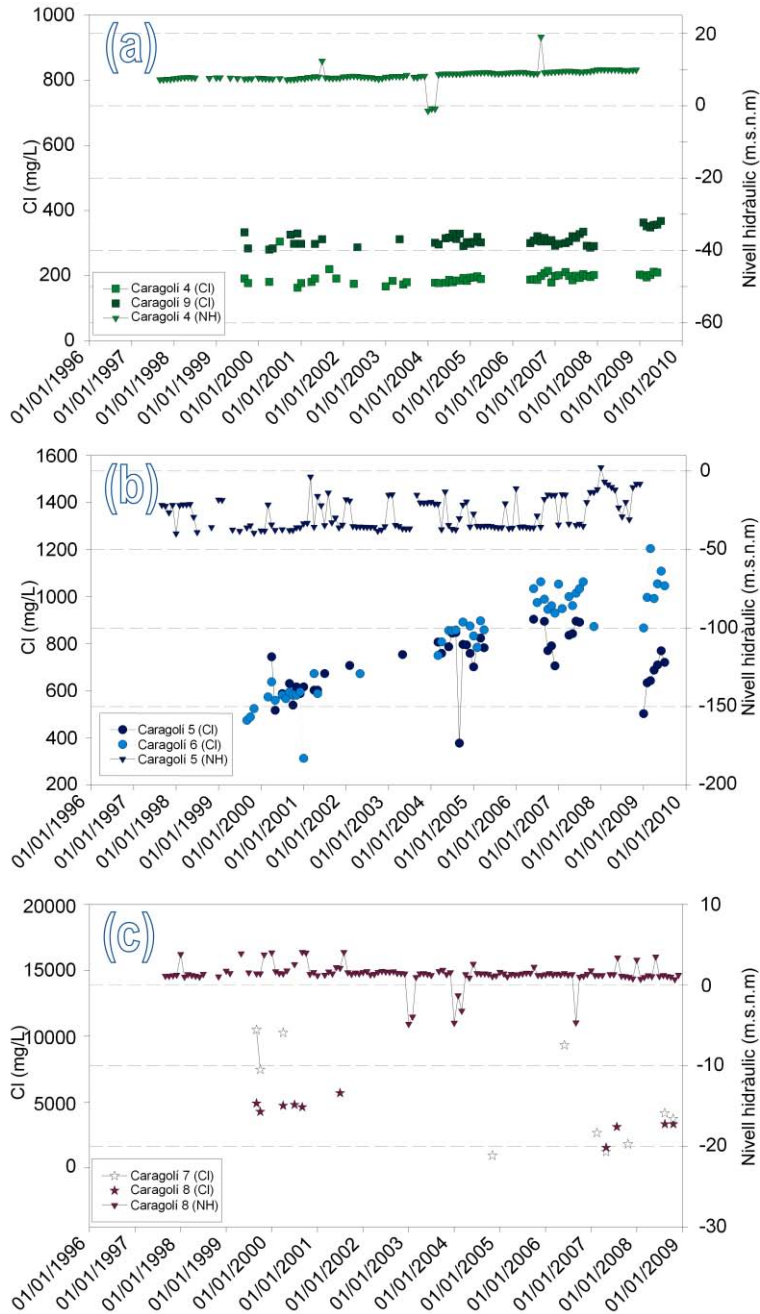
de 400 mg Cl<sup>-</sup>/L, que suposen valors superiors al màxim permès per a les aigües de consum humà (250 mg Cl<sup>-</sup>/L (BOE, 2003)). L'històric de dades dels pous Caragolí 5 i 6 (Fig. 4B) permeten confirmar la tendència descrita pels pous anteriors. La recuperació del nivell no es manifesta en una recuperació de la concentració de clorurs, ans al contrari, els clorurs s'han incrementat notablement i d'una manera progressiva durant els darrers 10 anys, especialment en el pou Caragolí 6 arribant als 1200 mg Cl<sup>-</sup>/L.

Els pous Caragolí 7 i 8, actualment en desús, són els que presenten una pitjor qualitat hidroquímica. A la Fig. 4C es pot observar que durant el seu ús com a pous d'abastament es van arribar assolir concentracions màximes de 10.000 mg Cl<sup>-</sup>/L i de 5.000 mg Cl<sup>-</sup>/L respectivament. Actualment, amb bombaments molt puntuals, se situen properes als 3.000 mg Cl<sup>-</sup>/L. Les variacions hidroquímiques d'aquests pous no s'han manifestat en el nivell hidràulic que s'ha mantingut constant.

Les diferències detectades en la distribució de l'ió clorur poden ser justificades mitjançant els perfils de Tomografia Elèctrica i la testificació dels sondejos adjacents als pous. En general, les diferents imatges d'ERT obtingudes, mostren una heterogeneïtat molt alta de

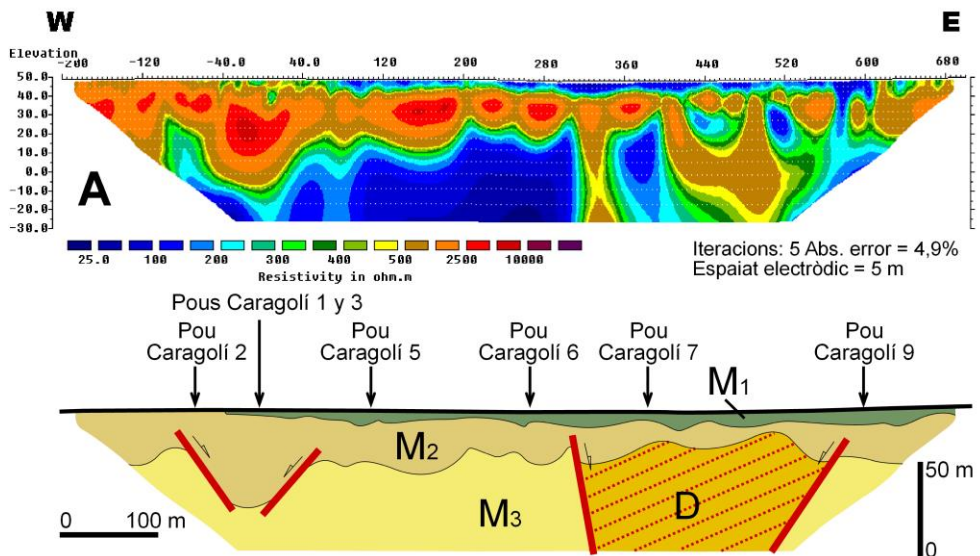
**Fig. 4.** Relació entre l'evolució de les concentracions de clorurs (1999 a 2010) i els nivells hidràulics (1997 a 2009). Dades recollides per les xarxes de control de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear. (a): Dades hidroquímiques dels pous Caragolí 4 i 9 i piezòmetre de control del pou Caragolí 4. (b): Dades hidroquímiques dels pous Caragolí 5 i 6 i piezòmetre de control del pou Caragolí 5. (c): Dades hidroquímiques dels pous Caragolí 7 i 8 i piezòmetre de control del pou Caragolí 8. (pàgina següent).

**Fig. 4.** Relationship between evolution of chloride concentrations (1999 to 2010) and hydraulic levels (1997 to 2009). Data collected by the control networks of the Direcció General de Recursos Hídrics of the Govern Balear. (a): Hydrochemical data from wells Caragolí 4 and 9 and control piezometer of well Caragolí 4. (b) Hydrochemical data from wells Caragolí 5 and 6 and control piezometer of well Caragolí 5. (c) Hydrochemical data from wells Caragolí 7 and 8 and control piezometer of well Caragolí 8. (next page).



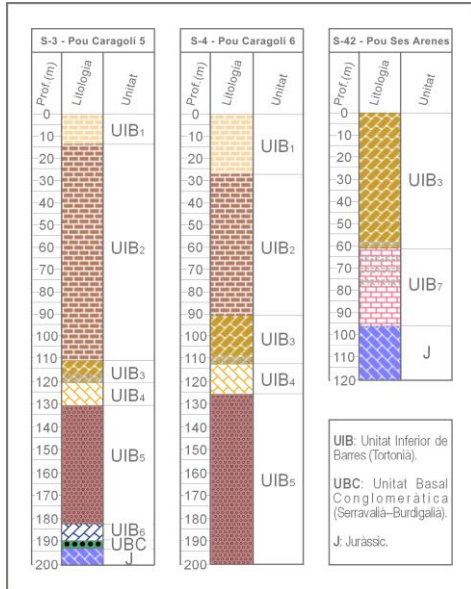
resistivitat. Per una banda s'han detectat elevats valors que s'han associat a carstificacions amb absència d'aigua i material detrític als porus i per l'altra, s'observen baixos valors de resistivitat assolits per l'efecte de calcarenites lleugerament alterades i amb indicis d'una possible salinització. En el perfil A, es poden diferenciar tres nivells geològics principals (Fig. 5). En el conjunt més superficial ( $M_1$ ), les baixes resistivitats d'aquest nivell s'atribueixen a valors propis d'argiles edàfiques o de descalcificació, que resulten de la meteorització dels trams més superficials, i que omplen els porus de les

calcarenites lleugerament carstificades, tal i com s'ha pogut constatar als sondejos adjacents als pous Caragolí 5, 6 i 7. El segon nivell ( $M_2$ ) presenta una considerable continuïtat que es veu truncada a la posició 375 m. Aquest nivell es relaciona amb la mateixa calcarenita del nivell superior, però sense carstificació, excepte en un conjunt de zones anòmales amb elevats valors de resistivitat de entre 2.500 i 5.000  $\Omega\text{m}$  interpretades com a cavitats amb absència d'argila de descalcificació, on el buit confereix elevats valors de resistivitat. Com a l'anterior, aquesta capa geològica no es troba saturada. Al tercer nivell ( $M_3$ ),



**Fig. 5.** Perfil de Tomografia Elèctrica A i interpretació del mateix. Perfil realitzat al llarg del camí que comunica els pous de bombament per abastament urbà Caragolí 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 9.  $M_1$ : Calcarenites del Miocè superior carstificades amb argiles de descalcificació i edàfiques.  $M_2$ : Calcarenites del Miocè superior carstificades sense aigua ni argila.  $M_3$ : Calcarenites del Miocè superior carstificades i saturades amb una lleugera salinització. D: Dolina d'esfondrament.

**Fig. 5.** Electrical Resistivity Tomography profile A and its interpretation. Profile carried out along the path connecting the urban water supply wells Caragolí 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 9.  $M_1$ : Late Miocene karstification calcarenites with decalcification and edaphic clays.  $M_2$ : Late Miocene karstification calcarenites without water or clay.  $M_3$ : Late Miocene karstification calcarenites saturated with light salinity. D: collapse doline.



parcialment saturat, la disminució de resistivitat en profunditat s'associa a la presència d'aigua i especialment a un augment de l'alteració de la calcarenita. Tot i així, la ràpida disminució de resistivitat no pot ser atribuïble únicament a aquest fet sinó que cal considerar altres factors. Per aquest motiu, s'associen els baixos valors de resistivitat a una lleugera salinització a partir d'una profunditat de 50 m (0 m s.n.m.) que seria més evident en les posicions on es situen els pous Caragolí 5 i especialment Caragolí 6. Aquest nivell geoelectric també presenta una marcada discontinuïtat a partir de la posició 330 m.

La presència de morfologies càrstiques i de diferents graus d'alteració ha estat corroborada mitjançant la testificació dels sondatges perforats per a la instal·lació dels piezòmetres de control. La Fig. 6 mostra la representació gràfica de 3 dels 11 sondatges seleccionats per a aquest treball. Els 3 sondatges es caracteritzen per mostrar una alta variabilitat textural i s'han prioritzat respecte de la resta, per ser els que arriben a

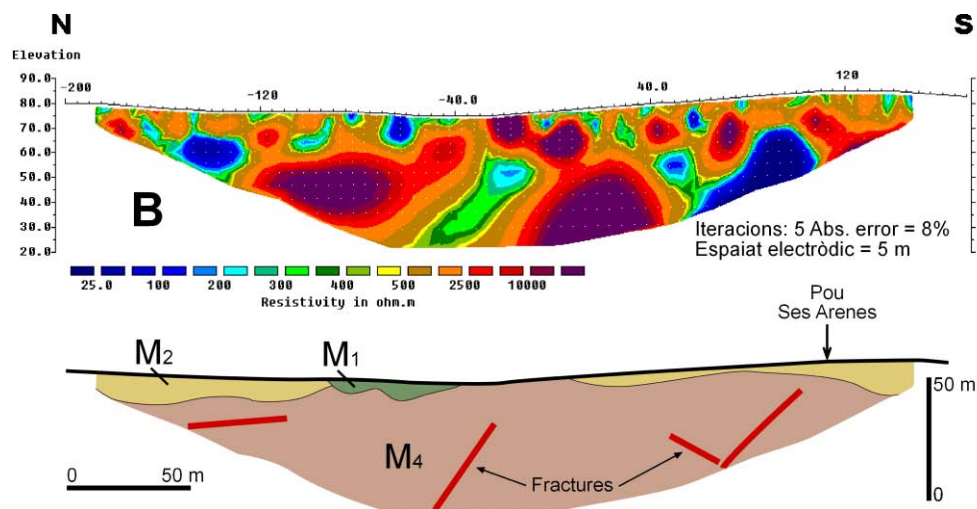
**Fig. 6.** Columnes procedents dels tres sondatges de reconeixement més representatius de la zona d'estudi. UIB<sub>1</sub>: Calcarenites blanques molt poroses i carstificades amb argiles de descalcificació i edàfiques (corresponent als nivells geoelectrics M<sub>1</sub> i M<sub>2</sub>). UIB<sub>2</sub>: Calcarenites ocres lleugerament carstificades sense argila i alterades (corresponent als nivells geoelectrics M<sub>2</sub> i M<sub>3</sub>). UIB<sub>3</sub>: Dolomies ocres inalterades, no carstificades i amb còdols subangulosos a la base (corresponent al nivell geoelectric M<sub>4</sub>). UIB<sub>4</sub>: Dolomies ocres amb tonalitats vermelloses. UIB<sub>5</sub>: Gresos, arenis i argiles vermelles amb nivells microconglomeràtics. UIB<sub>6</sub>: Dolomies blanques poc poroses i amb abundants restes fòssils. UIB<sub>7</sub>: Calcàries rosades amb trams dolomititzats, crostes ferruginoses i còdols subangulosos. UBC: Conglomerats constituïts per còdols del Mesozoic en una matriu vermella. J: Dolomies grises molt compactes.

**Fig. 6.** Borehole logs from the three most representative wells of the study area. UIB<sub>1</sub>: White and very porous karstificated calcarenites with decalcification and edaphic clays (corresponding to geoelectrical levels M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub>). UIB<sub>2</sub>: Yellow ochre and slightly karstificated without clay altered calcarenites (corresponding to geoelectrical levels M<sub>2</sub> and M<sub>3</sub>). UIB<sub>3</sub>: Yellow ochre unaltered and no karstificated dolomites with subangular cobbles at the bottom (corresponding to geoelectrical level M<sub>4</sub>). UIB<sub>4</sub>: Red ochre dolomites. UIB<sub>5</sub>: Red sandstones, sands and clays with microconglomerate levels. UIB<sub>6</sub>: White and slightly porous dolomites with abundant fossils traces. UIB<sub>7</sub>: Rose pink limestones with dolomite sections, ferruginous crusts and subangular cobbles. UBC: Conglomerates composed of Mesozoic cobbles in a red matrix. J: Grey and very compacted dolomites.

aparèixer a una major fondària de reconeixement en els cas dels S-3 i S-4 (corresponents als sondatges adjacents als pous Caragolí 5 i 6) i per l'interès del S-42, localitzat junt al pou de Ses Arenes, per a la comprensió de l'estudi. Les columnes mostren que les calcarenites del nivell

geològic  $M_3$ , es mostren considerablement alterades i amb un grau d'alteració que es va fent més notori en profunditat. Aquests materials es situen a una profunditat màxima de 110 m, fora de l'abast del mètode de prospecció geofísica. A partir d'aquesta profunditat, s'han detectat materials dolomititzats caracteritzats per presentar abundants còdols subangulosos de color gris fosc a la seva base i especialment per trobar-se poc alterats i més compactes que les calcarenites situades per sobre. S'ha comprovat que els pous Caragolí 4 i 9 bomben des d'aquests materials, el que permet relacionar el seu relatiu bon estat hidroquímic (si es compara amb altres pous de la zona) amb la litologia des de la que s'efectua el bombament.

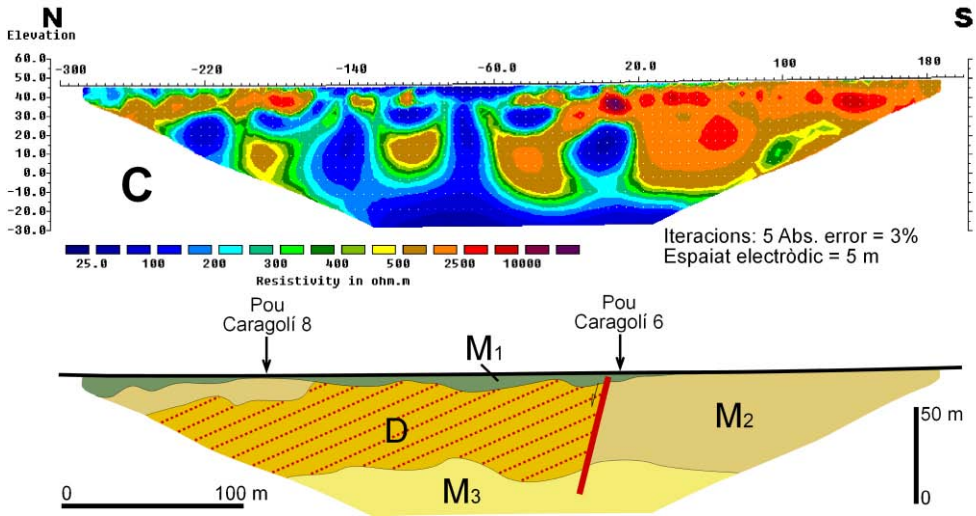
Tal i com s'ha pogut constatar mitjançant la testificació del sondeig S-42, aquests mateixos materials afloren en torn al pou de bombament de Ses Arenes. Així, al perfil B (Fig. 7) s'ha reconegut aquesta unitat (nivell geològic  $M_4$ ) amb resistivitats molt superiors a les calcarenites identificades al perfil A (nivells geològics  $M_1$ ,  $M_2$  i  $M_3$ ), com a conseqüència de l'alta compacitat que presenten les dolomies. La permeabilitat d'aquests materials cal associar-la a fractures, detectades per disminucions abruptes de resistivitat. D'aquesta manera, al perfil B, les dolomies es mostren considerablement fracturades tal i com s'observa a la part central, entre les posicions -50 i 0 m, on una anomalia en un interval de resistivitats de entre 300 i 400



**Fig. 7.** Perfil de Tomografia Elèctrica B i interpretació del mateix. Perfil realitzat en el camí d'accés al pou de Ses Arenes.  $M_1$ : Calcarenites del Miocè superior carstificades amb argiles de descalcificació i edàfiques.  $M_2$ : Calcarenites del Miocè superior carstificades sense presència d'aigua ni argila.  $M_4$ : Dolomies fracturades del Miocè superior sense carstificació.

**Fig. 7.** *Electrical Resistivity Tomography profile B and its interpretation. Profile carried out along the path to the well Ses Arenes.  $M_1$ : Late Miocene karstification calcarenites with decalcification and edaphic clays.  $M_2$ : Late Miocene karstification calcarenites without water or clay.  $M_4$ : Late Miocene fractured dolomites without karstification.*





**Fig. 8.** Perfil de Tomografia Elèctrica C i interpretació del mateix. Perfil realitzat perpendicularment al perfil A, davant els pous Caragolí 6 i 8. M<sub>1</sub>: Calcarenites del Miocè superior carstificades amb argiles de descalcificació i edàfiques. M<sub>2</sub>: Calcarenites del Miocè superior carstificades sense presència d'aigua ni argila. M<sub>3</sub>: Calcarenites del Miocè superior carstificades i saturades amb una lleugera salinització. D: Dolina de col·lapse.

**Fig. 8.** Electrical Resistivity Tomography profile C and its interpretation. Profile carried out perpendicularly to profile A in front of wells Caragolí 6 and 8. M<sub>1</sub>: Late Miocene karstification calcarenites with decalcification and edaphic clays. M<sub>2</sub>: Late Miocene karstification calcarenites without water or clay. M<sub>3</sub>: Late Miocene karstification calcarenites saturated with light salinity. D: Colapse doline.

$\Omega\text{m}$  és atribuïda a una zona de fractura. De la mateixa manera, també s'associen les anomalies de baixa resistivitat amb fractures a les posicions situades entre -150 i -120 m i 40 i 110 m amb valors de resistivitat inferiors als 10  $\Omega\text{m}$ . El pou Ses Arenes presenta un relatiu bon estat hidroquímic, similar al dels pous Caragolí 4 i 9, en els quals s'ha deduït que el bombament es produeix des d'aquesta litologia.

Les discontinuïtats horitzontals detectades als nivells M<sub>2</sub> i M<sub>3</sub> del perfil A i que també es poden observar en els nivells geoelectrics del perfil C (Fig. 8), han estat interpretades com la conseqüència d'una paleodolina d'efondrament (D) ubicada

entre les posicions 375 i 575 m al perfil A i entre -300 i 20 m al perfil C. En aquest darrer perfil, des de la posició 20 m fins a la 200 m es pot considerar la mateixa disposició general que s'ha observat en la major part del traçat del perfil A. Domina la imatge una calcarenita, amb valors de resistivitat en un interval de entre 500 i 2.500  $\Omega\text{m}$ , no saturada i carstificada irregularment amb presència o absència d'argila segons el cas (M<sub>1</sub> i M<sub>2</sub>). En profunditat, una ràpida reducció de resistivitat, s'atribueix a un augment del grau d'alteració de la roca combinada amb una lleugera salinització de l'aquífer (M<sub>3</sub>). En canvi entre -300 i 20 m els nivells de resistivitat no segueixen cap ordre, mostrant

una disposició caòtica que podria correspondre a una alternança de blocs calcarenítics, cavitats (algunes d'elles amb argiles de descalcificació) i fractures on trobem els valors de resistivitat més baixos. Al perfil A també es detectaria aquesta disposició amb els trets propis d'una zona d'esfondrament. Aquesta paleodolina afectaria els pous Caragolí 7 i 8 actualment en desús per les elevades concentracions de clorurs que presenten en el cas de ser utilitzats per abastament. Així, pot relacionar-se la elevada taxa de clorurs que presenten els pous, amb aquesta estructura geomorfològica, on les fractures actuarien com a vies preferents de la intrusió marina en cas de bombament. D'una manera similar, al voltant dels pous de bombament Caragolí 1 i 3, afectats també per elevades concentracions de clorurs quan s'utilitzen, l'elevat gruix del nivell  $M_2$  podria indicar la presència d'una altra cavitat de dimensions majors a la resta de carstificacions detectades, i que en aquest cas podria afectar aquests pous d'una manera semblant als Caragolí 7 i 8.

## Conclusions

En el sector occidental de la U. H. Migjorn es produeix un fenomen generalitzat d'intrusió marina. Els nivells de salinització de l'aquífer depenen, lògicament, dels cabals d'extracció però també de les permeabilitats derivades de les característiques geològiques del subsòl. Així, s'ha constatat que el procés s'accentua quan es produeix un bombament des de la litologia reconeguda mitjançant la prospecció geofísica com a unitat geoelectrica  $M_3$ . La intrusió marina incrementarà la seva repercussió en el cas d'existir algun tipus d'estructura càrstica d'esfondrament, ja que aquesta actuarà com

a una via preferent de circulació de l'aigua. A les litologies situades per sota la unitat  $M_3$ , en mostrar-se més consolidades, no es detecta un procés d'intrusió de tanta intensitat, el que explicaria el relatiu bon estat hidroquímic dels pous Caragolí 4, 9 i Ses Arenes. Cal tenir en compte que tot i la tendència positiva del nivell hidràulic a la zona durant els últims 10 anys, relacionada amb l'entrada en funcionament dels pous de Ses Arenes, els bombaments intensius dels pous més interiors segueixen contribuint a la salinització de l'aquífer. Aquest fet es podria arribar a atribuir especialment al intens bombament del pou Caragolí 9 que estaria contribuint a l'avançament de la falca marina terra endins i per tant afectaria la resta de pous de la zona, tot i la tendència positiva en la recuperació del nivell piezomètric.

El mètode de Tomografia Elèctrica s'ha mostrat molt efectiu per a la detecció de zones anòmales relacionades amb carstificacions i estructures d'esfondrament per una banda i la presència d'una interfase marina per una altra. Així, les elevades concentracions de clorurs manifestades per una baixa resistivitat, contrasten significativament amb elevats valors provocats per les cavitats en el cas de detectar carstificacions no saturades ni reomplertes per argiles. De la mateixa manera, la Tomografia Elèctrica ha permès determinar la disposició del subsòl de la zona d'estudi, mostrant a la vegada desordres de resistivitats propis de zones d'enfonsaments i reconèixer la posició i evolució del fenomen de la salinització. Finalment, cal destacar la idoneïtat de la integració dels mètodes hidroquímics i geofísics recolzats per la testificació de sondejos. Aquesta combinació de tècniques permeten realitzar una correcta diagnosi de la problemàtica que representa la intrusió marina en els aquífers litorals, en aquest

cas, les noves dades milloren el coneixement d'aquesta problemàtica i poden contribuir a una gestió més fonamentada de l'aquífer de Migjorn de Menorca en la seva part occidental.

## Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat pel Servei d'Estudis i Planificació de la Direcció General de Recursos Hídrics de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear. S'agraeix l'oportunitat donada per aquest servei per a realitzar el present projecte i en especial a Alfredo Barón i Jordi Giménez. També s'agraeix les facilitats donades per l'Àrea d'Aigua i Serveis de l'Ajuntament de Ciutadella, en concret a Joan Moll així com també als tècnics municipals d'aquest servei. A Joana Català per la col·laboració en l'accés als testimonis emmagatzemats a la Fortalesa de La Mola, als tècnics de l'OBSAM pel mateix motiu i per facilitar la base cartogràfica utilitzada en aquest treball i al Dr. Antoni Obrador per les seves indicacions en la planificació inicial de l'estudi.

## Bibliografia

- Barón, A., Fayas, J.A. i González, C. 1984. Proceso de salinización de las aguas subterráneas en el llano de Palma. *I Congreso Español de Geología*. Segovia.
- Barón, A. i González, C. 1978. *Estudio de la salinidad en la zona de Pont d'Inca*. Informe intern. Servicio Hidráulico de Baleares. Inèdit.
- Boletín Oficial del Estado (BOE). 2003. *Real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid.
- Custodio, E., Barón, A., Rodríguez Morillo, H., Poncela, R. i Bayó, A. 1992. *Saline water in S'Albufera Natural Park aquifer system, Mallorca Island (Spain): a preliminary study*. Barcelona Proceedings 12th saltwater intrusion meeting. CIHS. 661-686.
- deGroot-Hedlin, C. i Constable, S. 1990. Occam's inversion to generate smooth, two dimensional models from magnetotelluric data. *Geophysics*, 55: 1613-1624.
- Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH). 1998. *Proposta del Pla Hidrològic de la demarcació hidrogràfica de les Illes Balears*. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH). 2011. *Esborrany del Pla Hidrològic de les Illes Balears*. Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat. Govern de les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH). 1989. *Delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- Giménez, J., Gelabert, B. i Barón, A. 2004. Hidrologia Subterrània del Migjorn. In: Fornós, J.J., Obrador, A. i Rosselló, V.M. (eds.). *Història Natural del Migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 121-128.
- Griffith, D.H., Turnbull, J. i Olayinka, A.I. 1990. Two-dimensional resistivity mapping with a computer controlled array. *First Break*, 8: 121-129.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME) i Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH). 2001. *El estado de las aguas subterráneas en el archipiélago balear. Isla de Menorca – Años 2000-2001*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME) i Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH). 2004. *El estado de las aguas subterráneas en el archipiélago balear. Isla de Menorca – Año 2004*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME) i Direcció General de Recursos Hídrics (DGRH). 2006. *El estado de las aguas subterráneas en el archipiélago balear. Isla de Menorca – Años 2005-2006*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- Kruse, E. i Mas-Pla, J. 2009. Procesos hidrogeológicos y calidad del agua en acuíferos litorales. In: Mas-Pla J. i Zuppi, G. (eds.). *Gestión ambiental integrada de áreas costeras*. Rubes Editorial. Barcelona. 29-53.
- López, J.M. i Mateos, R.M. 2006. Control estructural de las anomalías geotérmicas y la intrusión marina en la Plataforma de Lluçmajor y la Cubeta de Campos (Mallorca). *Las Aguas Subterráneas en los Países Mediterráneos. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, 17: 607-613.
- López-García, J.M. i Mateos, R.M. 2003a. La intrusión marina en los acuíferos costeros de la Isla de Mallorca. *Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros: Países Mediterráneos. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, 8: 383-392.
- López-García, J.M. i Mateos, R.M. 2003b. La intrusión marina en los acuíferos de la Isla de Menorca. *Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros: Países Mediterráneos. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, 8: 393-399.
- Loke, M.H. i Barker, R.D. 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosection by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44: 131-152.
- Loke, M.H., Acworth, I. i Dahlin, T. 2003. A comparison of smooth and blocky inversion methods in 2D electrical imaging surveys. *Exploration Geophysics*, 34(3): 182-187.
- Mas-Pla, J., Rodríguez-Florit, A., Zamorano, M., Roqué, C., Menció, A. i Brusi, D. 2012. Anticipating the effects of groundwater withdrawal on seawater intrusion and soil settlement in urban coastal areas. *Hydrological processes*, DOI: 10.1002/hyp.9377.
- Mateos, R.M. i López, J.M. 2003. Retroceso de la Intrusión marina debido a la sustitución de aguas subterráneas por aguas residuales tratadas para el regadío de una zona agrícola. El Pla de Sant Jordi (Mallorca). *Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en Acuíferos Costeros: Países Mediterráneos. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, 8: 651-658.
- Mateos, R.M., López, J.M., Gelabert, B., Marcuello, A., Ledó, J.J., Queralt, P., Murillo, J.M., De la Orden, J. i Ortiz, G. 2007. Control geológico de la intrusión marina en los acuíferos que abastecen a la Bahía de Alcudia, Norte de la Isla de Mallorca. In: Pulido Bosch, A., López-Geta, J.A. i Ramos, G. (eds.). *Los acuíferos costeros: retos y soluciones. Coastal aquifers: challenges and solutions*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 155-162.
- Obrador, A. 1970. *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Inèdita.
- Obrador, A., Pomar, L., Rodríguez, A. i Jurado, M.J. 1983. Unidades deposicionales del Neógeno menorquín. *Acta Geológica Hispánica*, 18: 87-97.
- Obrador, A. i Pomar, L. 2004. El Miocè del Migjorn. In: Fornós, J.J., Obrador, A. i Rosselló, V.M. (eds.). *Història Natural del Migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 73-92.
- Pomar, L., Obrador, A. i Westphal, H. 2002. Sub-wavebase cross-bedded grainstones on a distally steepened carbonate ramp, Upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentology*, 49: 139-169.
- Rosell, J. i Llopart, C. 1983. Aportaciones al estudio del Mioceno del extremo oriental de Menorca. *Acta Geológica. Hispánica*, 18(2): 99-104.
- Rosell, J. i Llopart, C. 2002. *El naixement d'una illa. Menorca. Guia de geologia pràctica*. Impressió i relligat Dacs, Indústria Gràfica, S.A. Moncada i Reixac. 279 pp.
- Sasaki, Y. 1992. Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, 40: 453-463.

# L'eriçó africà, *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), i els passos de bestiar canadencs del Cap de Cavalleria (Es Mercadal, Menorca)

Lana JOHNSON, Guillem X. PONS i Francesc Xavier ROIG-MUNAR

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Johnson, L., Pons, G.X. i Roig-Munar, F.X. 2012. L'eriçó africà, *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), i els passos de bestiar canadencs del Cap de Cavalleria (Es Mercadal, Menorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 139-148. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Durant el període 2007-2010, es va realitzar un recorregut cada dos dies, visitant els tres passos de bestiar de la carretera que va al Cap de Cavalleria per observar la possible caiguda de fauna. El pas de bestiar 1 és el més proper a es Mercadal, el segon pas està a una distància de 300 metres del primer, i a uns 700 metres del tercer (el més proper al far de Cavalleria), per tant la distància entre el primer i el tercer és d'un quilòmetre. Durant aquest 4 anys s'han recuperat 118 eriçons (106 eriçons vius i 12 morts), dues tortugues, un conill, una serp i un sebel·lí que haguessin mort de set o ofegats rere una inundació dels passos en casos de pluja. La possibilitat de fer un recorregut periòdic per una zona en la que els eriçons són relativament abundants, ofereix la possibilitat de realitzar una estima fidel sobre la seva densitat de població a la zona. Així mateix també es donen apunts sobre el seu comportament.

**Paraules clau:** eriçó africà, *Atelerix algirus*, Cap Cavalleria, Menorca, Illes Balears.

THE ALGERIAN HEDGEHOG, *Atelerix algirus* (LEREBoulLET, 1842) (ERINACEIDAE), AND CATTLE GRID IN THE ROAD OF THE CAP DE CAVALLERIA (ES MERCADAL, MENORCA). During the period of 2007 to 2010, every two days we visited the three cattle grids on the road to the Cap of Cavalleria, where it was possible to observe the fauna that fell into the grids. The first cattle grid is the closest to es Mercadal, the second cattle grid is 300 meters from the first, and the third is a further 700 meters and is closest to the lighthouse of Cavalleria. Therefore, the distance between the first and the third is one kilometer. During this four year period we recovered 118 hedgehogs (106 alive and 12 dead), two turtles, a rabbit, a stone curlew and a snake that otherwise would have died of thirst or drowned when the grids filled with water following rain. The chance to periodically visit an area where hedgehogs are relatively abundant allowed for an accurate estimation of the density of the population in the area and to take notes of their behavior.

**Key words:** Hedgehogs, *Atelerix algirus*, Cap Cavalleria, Menorca, Balearic Islands.

Lana JOHNSON, Francesc d'Albranca 16; 07749 Es Migjorn Gran lanaj66@hotmail.com; Guillem X. PONS, Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears. Carretera Valldemossa Km 7,5, Palma. i Institut Menorquí d'Estudis, camí des Castell, 28; 07702 Maó. Francesc Xavier ROIG-MUNAR, QUATRE, consultoria ambiental, Carrer Carritxaret 18-6, Es Migjorn Gran, Menorca,

Recepció del manuscrit: 18-jul-12; revisió acceptada: 22-oct-12

## Introducció

Els passos de bestiar canadencs (o simplement anomenats passos de bestiar) són un sistema de confinament d'animals que complementa els vallats així com altres tipus de tancaments. S'instal·la als punts d'accés per carreteres i pistes rurals a finques i a altres superfícies amb la finalitat d'evitar que els animals s'escapin o que ramat i altres animals entrin dins d'una parcel·la, a la vegada que permet el moviment de vehicles, maquinària i usuaris que transitin a peu.

Els passos de bestiar consisteixen en una graella de barres o reixes metàl·liques paral·leles que s'instal·len en posició horitzontal i a nivell de rasant. Les barres se disposen de forma transversal a la direcció de la via. Sota la graella hi ha un petit fossat d'uns 30-90 cm de profunditat. Els animals eviten creuar sobre el pas canadenc en primer lloc perquè els provoca desconfiança i en segon perquè els resulta difícil fer-ho. Les potes dels animals de mida gran (vaques, cavalls) poden llenegar i això frena el seu trànsit.



**Fig. 1.** Pas de bestiar 1, carretera del Cap de Cavalleria.

**Fig. 1.** The cattle grid 1, in the road to the Cap de Cavalleria.

No obstant això, per als vehicles i persones que vagin a peu no representa cap dificultat, de forma que permet un trànsit selectiu. D'aquesta forma s'evita que s'escapi el ramat de les finques grans a on se pugui fer una cria en règim extensiu. També ha estat utilitzat a diversos indrets del món, en combinació amb vallats cinegètics, per a evitar la fuita de caça major. Alguns animals de mida menor com, per exemple, el cans, també tenen por de creuar aquests passos. Els cavalls poden superar-los quan són forçats a fer-ho. Es tracta doncs, d'un sistema selectiu, amb molt poc o nul·l impacte sobre el paisatge i que facilita enormement la tasca de gestió ramadera i rural, en comparació amb portes i altres tancaments d'eficiència semblant.

Però pel que fa a la fauna silvestre, aquests passos, si no compten amb cap sistema de fugida, poden constituir veritables trampes de caiguda que poden fer mal bé la biodiversitat de la zona.

A Menorca no hi ha un cens de passos de bestiar (Fig. 1), però la seva xifra podria estar prop dels 50. Altrament a mode de primera aproximació podria esmentar-se el mapa de passos elaborat pel GOB Menorca (<http://www.gobmenorca.com/cibervol>). Tanmateix, alguns d'ells no són perillosos per a la fauna silvestre, doncs amb el pas del temps han quedat colmatats de sediment (p.e. el pas d'entrada a Binimel·là o Atalis). D'altres estan associats a síquies o desaigües (p.e. entrada Son Mercè) que no són perillosos per a la fauna. Una de les espècies més afectada a Menorca és l'erioç africà, *Atelerix algirus*.

*Atelerix algirus* és una espècie endèmica de la regió mediterrània, que viu al nord d'Àfrica des del Marroc fins a Líbia, al llevant de la península ibèrica, i a tota una sèrie d'illes, incloent les Illes Canàries, Djerba, Malta, Mallorca, Menorca, Eivissa, Formentera i Cabrera). Va ser introduït

anteriorment a França, però sembla que s'ha extingit. La seva aparició a l'Europa continental i en moltes de les illes de la Mediterrània sembla ser el resultat de la introducció per part de l'home (Lapini, 1999). Viu preferentment en altituds d'entre 0 i 400 m, encara que pot arribar altàries superiors, ha estat citat a 900 m al Marroc (Lapini, 1999). Les dates exactes de les introduccions en moltes de les illes de la Mediterrània no es coneixen, però se sap que l'espècie va ser introduïda a les Illes Canàries, en la dècada de 1890 (Hutterer 1983). Al món s'han descrit 4 subespècies, a les Balears és present la subespècie *vagans*, de mida més petita i de coloració més clara. A Menorca, malgrat ha estat trobada al jaciment de Biniai Nou –poblat megalític de l'edat de bronze-, sembla que les datacions indiquen que fou introduïda molt recentment pels Almohades (Morales i Rofes, 2008).

Pel que fa a l'estudi i estat de les seves poblacions d'aquesta espècie és difícil de registrar a causa dels seus hàbits nocturns, per tant, no hi ha prou disponibles per poder densitats de població. No obstant això, sembla que en general les poblacions d'eriçó estan minvant a Mediterrània (Amori *et al.*, 2008). S'ha de dir que les poblacions a les Balears, gràcies a dades d'atropellaments (Comas *et al.*, 2004; 2012) o d'aquest estudi semblen ser molt més abundants que a la península Ibèrica.

*Atelerix algirus* trobat en una varietat d'hàbitats, incloent semi-desert, matoll mediterrani sec, praderies, pastures, camps de conreu i jardins, de vegades molt a prop dels habitatges humanes. Amb major freqüència es troben a les zones àrides (Lapini, 1999, Palomo i Gisbert 2002), i menjen durant la nit invertebrats (insectes, miriàpodes, isòpodes, caragols, cucs de terra,...), petits vertebrats, carronya i fins i tot fongs.

La UICN (2008) inclou entre les amenaces més importants la mortalitat accidental a les carreteres. Les poblacions poden estar limitades per la disponibilitat d'hàbitat adequat (Palomo i Gisbert 2002). L'espècie és de vegades presa de la naturalesa per a ser tractat com a animal de companyia (Palomo i Gisbert 2002). També són capturats localment i es menja a tota la regió mediterrània. Al Marroc s'utilitza per a usos relacionats amb medicina i apareix en els mercats locals de bruixeria i a les Balears ha estat objecte de caça i consum fins a temps recents. Emperò, un nombre creixent de carreteres, amb els seus consegüents atropellaments, i la pèrdua d'hàbitats són les amenaces més greus per a l'espècie.

L'impacte i la mortalitat d'eriçons degut a trapes de característiques antròpiques, com són els passos de bestiar, no havien estat tractats. En canvi, podem trobar referències sobre mortalitats d'eriçons degudes a atropellaments a carreteres de poca circulació (Garnica i Robles, 1986). La troballa d'eriçons morts és un fet comú en les carreteres durant primavera i estiu (Weatcher, 1979). Hainard (1971) indica que els atropellaments són la causa major de mortalitat per als eriçons europeus. A Menorca (Comas *et al.*, 2004, 2012) s'indiquen que amb un any de mostreig, en els sectors de carretera estudiats, s'han trobat 289 eriçons, el que representa el 43,9% dels mamífers morts atropellats en aquests sectors.

En un estudi sobre la viabilitat de les poblacions d'eriçons als Països Baixos, Bergers i Nieuwenhuizen (1999), assenyalaren com a primer factor limitant la mida i la qualitat de les taques d'hàbitats disponibles, i en segon lloc la presència de carreteres. Al centre de recuperació de fauna de Collserola l'eriçó europeu (*Erinaceus europaeus*) fou el mamífer del

qual es registrà més incidències d'atropellament, un 22% d'un total de 556 casos després de 15 anys de seguiment (Tenés *et al.*, 2007).

### Zona d'estudi

La zona d'estudi està situada dins l'Àrea Natural d'Especial Interès Me-3 litoral des dels Alocs fins a Fornells (Me-3). Aquest ANEI compta amb unes 2.028 hectàres i 25 km de litoral entre els municipis de Ferreries i es Mercadal. És el major tram de litoral verge de Menorca i compta amb un elevat valor paisatgístic i una gran riquesa d'endemismes vegetals i

animals. La zona compta amb un litoral molt variat, amb costa baixa amb platges i sistemes dunars molt visitats durant l'estiu; penyasegats (cap de Cavalleria), màquies litorals, però també amb la presència de camps de conreu. La seva litologia silícia fa que sigui un sòl poc permeable, el que facilita l'acumulació d'aigua superficial, amb la presència de petites conques de drenatge, com el torrent de Binimel·là i d'es Mercadal.

Durant el període 2007-2010, es va realitzar un recorregut cada dos dies, visitant els tres passos de bestiar de la carretera que va al Cap de Cavalleria (Fig. 2) per observar la possible caiguda de fauna. El pas de bestiar 1 és el més proper a



**Fig. 2.** Localització dels tres passos de bestiar de la carretera del cap de Cavalleria. Entre el primer i tercer hi ha una distància d'1 km.

**Fig. 2.** Location of the three cattle grids of the road to the Cap de Cavalleria. Between the first and the third there is a distance of 1 km.





**Fig. 3.** Pas de bestiar 2.

**Fig. 3.** Cattle grid 2.

es Mercadal, el segon pas està a una distància de 300 metres del primer, i a uns 700 metres del tercer (el més proper al far de Cavalleria), per tant la distància entre el primer i el tercer és d'un quilòmetre.

	Pas 1	Pas 2	Pas 3
Amplada (cm)	210	200	194
Llargària (cm)	440	450	480
Profunditat (cm)	0,86	0,82	0,61
Distància entre barres (cm)	16	16	16

**Taula 1.** Mides dels passos de la carretera del far de Cavalleria.

**Table 1.** Measurements of the cattle grids on the road to the lighthouse of Cavalleria.



**Fig. 4.** Pas de bestiar 3.

**Fig. 4.** Cattle grid 3.

Mes	Pas 1	Pas 2	Pas 3
Abril	0	1	1
Maig	2	1	0 *
Juny	0	4	0
Juliol	1	6	0
Agost	1	17 **	0
Setembre	0	2	1
Octubre	0	2	0
Novembre	0	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>34</b>	<b>2</b>

**Taula 2.** *Atelerix algirus* vius recuperats als tres passos de bestiar canadenc de Cavalleria l'any 2007: Total 39 eriqóns, un conill (\*) i una tortuga (\*\*).

**Table 2.** *Atelerix algirus* recovered alive from the three cattle grids in 2007. Total: 39 hedgehog, a rabbit (\*) and a turtle (\*\*).

Mes	Pas 1	Pas 2	Pas 3
Abril	0	1	0
Maig	1	1	0
Juny	0	3	0*
Juliol	0	7	1
Agost	0	6	0
Setembre	0	2	0
Octubre	0	3	0
Novembre	2	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>1</b>

**Taula 3.** *Atelerix algirus* vius recuperat als tres passos de bestiar canadenc de Cavalleria l'any 2008: Total 27 eriqóns i una serp (\*).

**Table 3.** *Atelerix algirus* recovered alive from the three cattle grids in 2008: Total: 27 hedgehogs and a snake (\*).

## Resultats

Durant aquest 4 anys s'han recuperat 118 eriqóns (106 eriqóns vius i 12 morts), dues tortugues (*Testudo hermanni*), un conill (*Oryctolagus cuniculus*), una serp blanca (*Elaphe scalaris*) i un sebel·lí (*Burhinus oediconemus*) que haguessin mort de set o ofegats rere una inundació dels passos en casos de pluja.

La possibilitat de fer un recorregut diari per una zona en la que els eriqóns són

relativament abundants, ofereix la possibilitat de realitzar una estima fidel sobre la seva abundància a la zona.

## Discussió

El pas de bestiar 2 (Fig. 3) és el que compta amb una major caiguda d'ericons (88 de les 118 observacions, és a dir un 74,5% de les captures), a la vorera oest d'aquest pas no se troba cap paret seca, i està oberta a una màquia litoral que arriba

fins a la platja de Binimel·là, essent la zona de major densitat de captures. Es podria establir una superfície d'un triangle equilàter amb vèrtex al pas de bestiar 2 amb una superfície d'unes 50 ha. El pas de bestiar 2 seria un punt d'embut per poder passar cap a zones més allunyades del litoral.

Els exemplars vius recollits foren depositats a l'altra banda de la tanca, de pedra en sec, el que teòricament impedia que hi hagués recaigudes d'un mateix exemplar. Malgrat tot, amb les dades obtingudes, sembla que la població de la zona es manté estable el que indicaria una densitat elevada. Els passos 1 i 3 tenen bardisses i paret seca a les voreres de la carretera, però els seus voltants estan ocupats per terres de conreu. La paret seca fa que els ericons tenguin dificultat per travessar d'una tanca a la carretera i això els obligaria a desplaçar-se cercant el portell d'entrada a la tanca, en el cas de ser reincidents. És per això que parlem d'observacions o de número màxim d'individus rescatats.

Pel que fa als desplaçaments, s'han realitzat experiments sobre la dispersió de l'erició europeu, *Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758 a Catalunya. Així, Cahill *et al.* (2011) entre 2006 i 2008 es va realitzar un treball de radioseguiment de 15 ericons (7 ♂ i 8 ♀ procedents del Centre de Recuperació de Fauna de l'Estació Biològica de Can Balasc, amb l'objectiu de: conèixer la capacitat d'adaptació i supervivència dels individus recuperats una vegada alliberats, comparar la seva resposta dispersiva en funció del lloc de solta, i caracteritzar les diferents problemàtiques a les quals s'enfronta per incidir en la seva conservació. Els ericons alliberats en zona forestal es van dispersar significativament més lluny durant els dies posteriors al seu alliberament, en contrast amb els exemplars

Mes	Pas 1	Pas 2	Pas 3
Abril	0	0	2†
Maig	0	0	0
Juny	2	0	3
Juliol	1	6	0
Agost	5 (1†)	3	1
Setembre	0	1	0*
Octubre	0	2	0
Novembre	0	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>6</b>

**Taula 4.** *Atelerix algirus* recuperats als tres passos de bestiar de Cavalleria 2009. Total 22 ericons (19 vius i tres morts).

**Table 4.** *Atelerix algirus* recovered from the three cattle girds in 2009. Total 22 hedgehogs (19 alive and three dead).

Mes	Pas 1	Pas 2	Pas 3
Abril	0	5†	0
Maig	0	1	0*
Juny	1	1	1
Juliol	1	3	1
Agost	1	2	1†
Setembre	2	3 (1†)	1
Octubre	1	3 (1†)	2 (1†)
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>6</b>

**Taula 5.** *Atelerix algirus* recuperats als passos de bestiar de Cavalleria 2010: Total 30 ericons (21 vius i 9 morts). \* Conill mort.

**Table 5.** *Atelerix algirus* recovered from the three cattle girds in 2009. Total 30 hedgehogs (21 alive and 9 dead). \* Dead rabbit.

alliberats en proximitat a masies, amb o sense torrents confrontants. Tanmateix, amb el temps, els exemplars alliberats tendeixen a mostrar àrees de dispersió similars, independent del lloc de deixa anar. Les àrees de dispersió varien considerablement, entre 5 i 100 ha (mitjana  $55,3 \pm 117,0$  ha), però amb casos extrems de 0,21 ha i 465 ha. De mitjana, la distància màxima de dispersió va ser d'1 km, amb un màxim absolut de 3,9 km. Hi va haver una tendència de dispersió cap a les àrees de l'ecotò més perifèriques i periurbanes del parc. La dispersió cap aquestes àrees i el seu ús repercuteix en els eriçons, a causa del límit abrupte que hi ha entre l'espai protegit i la zona urbana, i els perills que aquesta última comporta. Dels 15 eriçons seguits va ser possible confirmar la mort d'almenys cinc d'ells (33%) durant els primers dos mesos posteriors al seu alliberament, les causes específiques de mortalitat són variades i similars a les d'ingrés al centre de recuperació: atac per part de carnívors, atropellament, accident a l'àrea i causes desconegudes.

El període reproductor és prou ampli, i sembla que les cries neixen entre juny i octubre (Lange, 1985). Les màximes captures es donen en els períodes de màxima activitat de l'espècie, durant el període reproductor, els mesos de juliol i agost.

En quant a densitats, estudis fets a Gran Bretanya troben valors que van dels 0,23-0,25 eriçons europeu/ha a zones rurals (Doncaster, 1992), fins els 0,83/ha a camps de golf situats a la perifèria de ciutats (Reeve, 1981). Als indrets on l'eriçó europeu i el africà han estat introduïts, el primer a Nova Zelanda o a les illes del nord d'Escòcia, el segon a les Balears, les densitats poden ser superiors. A zones de pastures i plantacions de pins de Nova Zelanda s'han trobat densitats de 2'5

individus/ha (Parkes, 1975); a Uist es calculen densitats entre 0,3-0,5 eriçons/ha (Scottish Natural Heritage, 2008). Al Parc de la Serralada Litoral (Barcelona) la densitat d'eriçó europeu és, presumiblement, inferior a la indicada per a les zones rurals de Gran Bretanya, ja que una part important del parc està ocupada per coníferes, un ambient no massa adient per a l'espècie (Blanco, 1998), que prefereix, en canvi, a més dels ambients humanitzats i els ecotons, els boscos caducifolis i els alzinars típics, formacions vegetals que, d'altra banda, també hi són presents. L'eriçó africà, a aquest parc, encara deu presentar una densitat més baixa. Aquesta espècie, de requeriments més xeròfils, doncs no endebades és de procedència nord-africana, la trobaríem al parc, principalment, a les zones del vessant sud i oriental, on predominen les pinedes litorals, les brolles, els herbassars i les vinyes, però també als conreus típics de secà de la vessant del Vallès. Segons Gosàlbez (1987), la seva àrea de distribució estaria per sota de la isohieta dels 700-800 mm de precipitació anual, no obstant, Ruiz-Romero (1995) considera que la dorsal pluviomètrica límit és la de 600 mm.

Respecte al comportament després de la caiguda dels animals, les observacions fetes ens indiquen que els eriçons que cauen als passos de bestiar cerquen quasi sempre els cantons, de fet a aquestes zones són les més excavades cercant una possible sortida a la trampa que suposen. Si hagués hagut rampes a les voreres, els eriçons no haguessin tengut cap dificultat en trobar-les, pujar per elles i escapar de la trampa. També s'ha observat que quan cauen més d'un eriçó al passos de bestia cerquen el seu agrupament. També s'ha observat aquesta conducta inclús quan es troba qualche eriçó mort (Fig. 5). El renou que fan el vehicles Les poques vegades que s'ha trobat un el

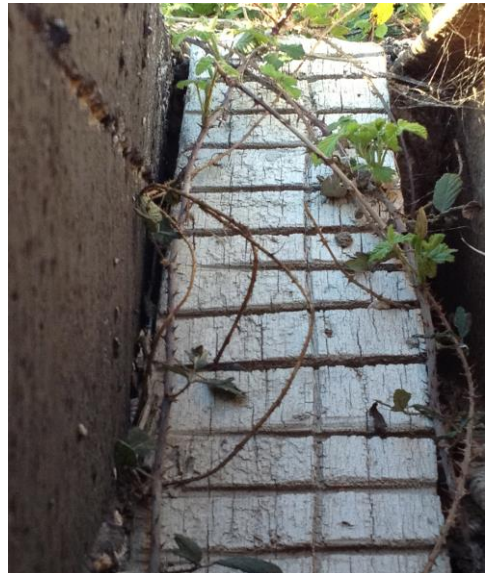


**Fig. 5.** Un eriçó juvenil sobre un altre mort, possiblement de sed (agost 2009).

*Fig. 5. A young hedgehog on top of a dead one which was possibly due to lack of water (August 2009).*

vehicles al passar per damunt la graella també ocasiona un fort estrès als animals. Les poques vegades que s'ha trobat eriçó sense estar als cantons fou quan feia molta de calor i duïen més de 24 hores al seu interior, cercant les ombres per a

sobreviure. En algunes ocasions s'han trobat amagats davall del fens caigut. Les temperatures a l'estiu poden superar els 37°C. Tots els cantons dels tres passos de bestiar estan excacats pels eriçons en els seus intents inútils d'escapar.



**Fig. 6.** Rampes situades als passos de bestiar de la carretera del cap de Cavalleria.

*Fig. 6. Ramps at the cattle grids to the road of the Cap de Cavalleria.*

Els passos de bestiar no tenen per què comptar amb massa profunditat per a complir la seva funció, i els de Cavalleria tenen entre 86 i 61 cm de profunditat. En molts països és obligatori comptar amb una mesura per escapar de la trampa, normalment s'utilitzen rampes. En algunes zones d'Anglaterra, per exemple, els passos de bestiar compten amb una profunditat estàndard de 225 mm i rampes escapatòries amb un angle de 20° o menys.

Recentment, el juny de 2011, es varen instal·lar rampes a 12 passos de bestiar de carreteres de titularitat pública (Son Saura, Cavalleria i Favàritx) (Fig. 6). Encara falta poder posar aquestes simples i econòmiques mesures a altres passos de bestiar situats a camins privats de Menorca.

S'ha de tenir present que l'erició africà (*Atelerix algirus*) es considera no amenaçat pels catàlegs de la UICN, però d'interès especial segons el Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades (CNEA), i es contempla en el Conveni de Berna (annex II) i en la Directiva Hàbitats (92/43/CE) (annex IV). Segon Amorini *et al.* (2008) és necessari fer un seguiment de l'espècie per determinar les tendències poblacionals. Si hi ha qualsevol evidència de la disminució s'ha indicat, s'han de prendre mesures per protegir l'espècie. Es necessita més investigació per determinar les mesures adequades de conservació.

## Bibliografia

- Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsain, G. i Palomo, L.J. 2008. *Atelerix algirus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2.
- Bergers P. i Nieuwenhuizen W. 1999. Viability of hedgehog populations in central Netherlands. *Lutra*, 42: 65-76.
- Blanco, J.C. 1998. *Insectívoros, Quirópteros, Primates y Carnívoros de la península Ibérica, Baleares y Canarias*. Geoplaneta, Barcelona
- Cahill, S., Llimona, F., Tenés, A., Carles, S. i Cabañeros, Ll. 2011. Radioseguimiento post recuperación de erizos europeos (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758) en el Parque Natural de la Sierra de Collserola (Barcelona). *Galemys*, 23 (nº especial): 63-72.
- Comas, E., Roig-Munar, F. X., Gañán, M., Vila, A. i Cots, R. 2004. Estimació de la taxa de mortalitat de fauna a les carreteres de Menorca. In: Pons, G.X. (edit.) IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, Soc. Hist. Nat. Balears, 114-116.
- Comas, E., Roig-Munar, F.X. i Pons, G.X. 2012. Anàlisi de la mortalitat de vertebrats a les carreteres de Menorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55.
- Doncaster, C. P. 1994. Factors regulating local variations in abundance: field tests on hedgehogs, *Erinaceus europaeus*. *Oikos*, 69: 182-192.
- Hainard, R. 1971. *Mammifères sauvages d'Europe I: Insectivores, Chéiroptères, Carnivores*. Ed. Delachaux. Neuchatel.
- <http://www.gobmenorca.com/cibervol>
- Hutterer, R. 1983. Über den Igel (*Erinaceus algirus*) der Kanarischen Inseln. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 48: 257-265.
- IUCN. 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. Available at: <http://www.iucnredlist.org>.
- Garnica, R. i Robles, L. 1986. Seguimiento de la mortalidad de erizos, *Erinaceus europaeus*, producida por vehículos en una carretera de poca circulación. *Misc. Zool.*, 10: 406-408.
- Gosálbez, J. 1987. *Insectívors i rosegadors de Catalunya. Metodologia d'estudi i catàleg faunistic*. Ketres Editora, S.A.
- Lange, M. 1985. *Introducción a la biología del erizo moruno de las islas Baleares*, Memoria de Licenciatura, Universitat de Barcelona
- Lapini, L. 1999. *Atelerix algirus*. In: A. J. Mitchell-Jones, G. Amori, W. Bogdanowicz, B. Kryštufek, P. J. H. Reijnders, F. Spitzenberger, M. Stubbe, J. B. M. Thissen, V. Vohralík, and J. Zima (eds), *The Atlas of European Mammals*, Academic Press, London, UK.

- Morales, A. i Rofes, J. 2008. Early evidence for the Algerian hedgehog in Europe. *Journal of Zoology*, 274: 9-12
- Palomo, L. J. i Gisbert, J. 2002. Atlas de los mamíferos terrestres de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. SECEM-SECEMU, Madrid, Spain.
- Parkes, J. 1975. Some aspects on the biology of the hedgehog, (*Erinaceus europaeus* L.) in the Manawatu, New Zeland. *New Zeland Journal of Zoology*, 2: 463-472.
- Reeve, N. 1994. Hedgehogs Poyser Natural History, London.
- Ruiz-Romero, S. 1995. Eriçó fosc. *Erinaceus europaeus* L., 1758. In: Ruiz-Olmo, J. i Aguilar, A. (eds.). *Els grans mamífers de Catalunya i Andorra*. 37-41. Lynx Edicions, Barcelona.
- Scottish Natural Heritage, 2008. <http://www.snh.org.uk/pdfs/news/nw-uwp03.pdf>
- Tenés, A., Cahill, S., Llimona, F. i Molina, G. 2007. Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el Área Metropolitana de Barcelona: quince años de seguimiento en el Parque de Collserola. *Galemys*, 19 (NE): 169-188.
- Waetcher, A. 1979. Mortalité animale sur une route a grande circulation. *Mammalia*, 43(4): 577-579.

# Recreational boaters support the use of mooring buoys to reduce anchor damage to *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows

Jorge TERRADOS, Amy DIEDRICH, Nina Larissa ARROYO and Pau BALAGUER

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Terrados, J., Diedrich, A., Arroyo, N.L. and Balaguer, P. 2012. Recreational boaters support to the use of mooring buoys to reduce anchor damage to *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 149-161. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Recreational boating is an important economic activity in the Mediterranean Sea that often leads to disturbance by anchoring of *Posidonia oceanica* meadows, an endemic seagrass that is a critical component of shallow coastal ecosystems. A self-administered survey of recreational boaters that anchor in a popular mooring site (Cala Blava) in the coast of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean) was carried out during the summer season of 2011 to assess their preferences regarding the number of boats anchoring at the cove and the distance between them, their willingness to pay for the use of mooring buoys and their perception of the negative effects that recreational boating may have on the marine environment. Four hundred and twenty five surveys were obtained over a period of 23 days (11 weekend days, 14 week days) with a response rate of 95 %. The number of boats anchored was higher during weekends ( $30 \pm 13$  boats) than during the rest of the week ( $15 \pm 5$  boats). Most of the respondents considered that both the number of anchored boats and distance between them were adequate, and they were satisfied with their visit to Cala Blava. Anchor damage was identified as the main impact caused in the marine environment by recreational boating. Support for the use of mooring buoys was high (72 %) and 58 % of boaters were willing to pay a fee for buoy use. The most widely accepted fee was 5 Euros per day of use. These results suggest that the public is well aware of the damage caused by anchoring on *P. oceanica* meadows and that environmental regulation that would reduce this harm through the use of mooring buoys would have wide support from the main users, who would be even willing to pay for the service. This is a bright prospect for the conservation of this valuable and fragile coastal ecosystem.

**Keywords:** *Posidonia oceanica*, recreational boating, mooring buoys.

RECOLZAMENT DELS USUARIS NÀUTICS RECREATIUS PER A L'ÚS DE BOIES DE FONDEIG PER A LA REDUCCIÓ DE L'IMPACTE DEL FONDEIG SOBRE LES PRADERES DE *Posidonia oceanica* (L.) DELILE. La nàutica recreativa és una activitat econòmica important a la Mar Mediterrània que sovint es responsabilitza de l'alteració, mitjançant el fondeig, de les praderies de *Posidonia oceanica*, una fanerògama marina endèmica i que constitueix un component essencial dels ecosistemes costaners d'aigües somes. S'ha realitzat una enquesta als usuaris de la nàutica recreativa a una àrea de fondeig popular (Cala Blava) localitzada a la costa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental) durant la temporada d'estiu de 2011 per a avaluar les seves preferències respecte el nombre d'embarcacions fondejades a la cala i la distància entre elles, la seva voluntat de pagar per a l'ús de les boies de fondeig i la seva percepció dels efectes negatius que la nàutica recreativa pot tenir sobre el medi marí. S'han realitzat un total de 425

enquestes per a un període de 23 dies de mostreig (11 caps de setmana i 14 dies de dilluns a divendres) amb un percentatge de resposta del 95%. El número d'embarcacions fondejades va ésser major durant els caps de setmana ( $30 \pm 13$  embarcacions) que durant la resta de la setmana ( $15 \pm 5$  embarcacions). La major part dels enquestats consideraren que tant el número d'embarcacions fondejades i la distància entre elles era l'adequada, així com també estaven satisfets amb la visita a Cala Blava. El perjudici causat pel fondeig d'embarcacions sobre el medi marí va ésser identificat com el major impacte causat per la nàutica recreativa. El suport per a l'ús de les boies de fondeig va ésser elevat (72%) i el 58% dels usuaris estaven disposats a pagar una taxa de 5 euros/dia per al seu ús. Aquests resultats suggereixen que el públic està ben conscienciat de l'impacte causat pel fondeig sobre les praderies de *P. oceanica* i que la seva regulació ambiental podria reduir aquesta amenaça amb la instal·lació de boies de fondeig. La major part dels usuaris nàutics recreatius recolzen l'ús de les boies i inclús estarien disposats a pagar pel servei. Aquests resultats milloren les expectatives per a la conservació d'aquest valuós i fràgil ecosistema costaner.

**Paraules clau:** *Posidonia oceanica*, nàutica recreativa, boies de fondeig.

Jorge TERRADOS and Nina Larissa ARROYO, IMEDEA (CSIC-UIB), Mediterranean Institute of Advanced Studies, Miquel Marqués 21, 07190 Esporles, Mallorca, Balearic Islands, Spain. E-mail: terrados@imedea.uib-csic.es. Amy DIEDRICH and Pau BALAGUER, ICTS-SOCIB, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System, Parc BIT, Ed. Naorte, Bl.2-Ps.2-Pt.3, 07121 Palma de Mallorca, Balearic Islands, Spain;

*Recepció del manuscrit: 13-jul-12; revisió acceptada: 30-des-12*

## Introduction

*Posidonia oceanica* is a seagrass endemic to the Mediterranean Sea where it forms extensive meadows to a depth of 40 m (Procaccini *et al.*, 2003). Similar to other seagrasses, *P. oceanica* is a critical component of shallow coastal ecosystems due to its contribution to biodiversity maintenance, biological productivity, nutrient cycling, carbon burial, and sediment stabilization (Hemminga and Duarte, 2000). *P. oceanica* meadows harbor a species-rich community of algae, invertebrates and fishes (Templado *et al.*, 2004). *P. oceanica* meadows trap suspended particulate matter, carbon and nutrients (Gacia *et al.*, 2002; Hendricks *et al.*, 2008), reduce sediment resuspension (Terrados and Duarte, 2000; Gacia and Duarte, 2001) and absorb nutrients (Leppin

*et al.*, 2004) becoming a filter for coastal water. Moreover, they contribute to coastal protection through wave attenuation (Infantes *et al.*, 2012). Additionally, *P. oceanica* meadows bury about 25 % of the annual primary production in the sediment, where it takes several years to decompose, building a long-term carbon sink (Mateo and Romero, 1997). Seagrasses are under global threat (Waycott *et al.*, 2009) and *P. oceanica* is no exception: a 5 – 20 % reduction of its extent has been reported for the last century (Boudouresque *et al.*, 2009). The destruction of *P. oceanica* meadows will result in the reduction or loss of the resources and ecological services they provide.

Nautical activities are an important sector of coastal economies in the Mediterranean and mooring demand by recreational boaters surpasses supply in



most coastal areas during the high touristic season (summer). This often leads to disturbance of *P. oceanica* meadows by anchoring, since many boaters will anchor indiscriminately in areas adjacent to mooring grounds, whether *P. oceanica* is present or not. Hence, disturbance of *P. oceanica* meadows by anchoring of recreational boats in coves that are popular mooring sites is bound to happen. A census of recreational boats anchored inside the Cape of Creus (NE Spain) marine protected area (MPA) showed that 50 % of them were anchored in *P. oceanica*, and this pressure increased up to 70 % in some coves (Lloret et al., 2008). More than 6000 recreational boats are estimated to sail during the busiest day of the summer season along the Mallorca coast (Balaguer et al., 2011). These boats would be able to anchor on sandy bottom and, therefore, avoid damaging of *P. oceanica* meadows, only if they anchored at distances of 25 m or less (Balaguer et al., 2011), a condition that frequently is not met (Diedrich et al., 2011). Indeed, boat anchoring has been identified as one of the major causes of destruction of *P. oceanica* meadows (Boudouresque et al., 2009). Light weight anchors (4-12 kg) used by small recreational boats (length < 9 m) destroy from 5 to 34 shoots during one anchoring event (Francour et al., 1999; Milazzo et al., 2004). Heavier anchors, as those used by larger boats, together with a low compactness of the bottom and a high baring (un-burial) of *P. oceanica* rhizomes will promote an increase of anchor damage (Francour et al., 1999; Ceccherelli et al., 2007). The cumulative effect of anchoring in *P. oceanica* meadows has not been quantified but an anchoring density of 3 boats day<sup>-1</sup> and 2500 m<sup>-2</sup> is associated with *P. oceanica* regression in Port Cros MPA (France) while meadow cover seems to be

stable around to an anchoring density of 1 boat day<sup>-1</sup> and 2500 m<sup>-2</sup> (Francour et al., 1999). Chronic damage by boat anchoring may lead to complete *P. oceanica* loss because recovery of this seagrass species is very slow (from > 5 years to hundreds of years, Francour et al., 1999; Kendrick et al., 2005). Restriction to anchoring and the installation of mooring buoys that do not damage *P. oceanica* (Francour et al., 1999; Marbà et al., 2002; Francour et al., 2006) have been shown to improve the status of meadows.

Mooring buoys are being installed increasingly to manage the anchoring demand of recreational boaters, particularly in MPAs (Francour et al., 1999; Marbà et al., 2002; Milazzo et al., 2002). Stakeholder acceptance of environmental regulations is critical for the success of environmental management, and it is likely to be higher if environmental regulations consider in their design and implementation elements such as the perceptions and attitudes of the various sectors involved in decision making (Bradshaw and Bekoff, 2000; Clark, 2007; Ehler and Douvere, 2009). Diedrich et al. (2011) have shown how the assessment of preferences of recreational boaters regarding the number of boats present in a cove and the distance between them can be used to identify the levels of crowding that would be accepted by the majority of users. Other elements that likely influence the acceptance and support by recreational boaters of anchoring regulations are their perception of the negative effects that recreational boating might have on the marine environment or their willingness to pay (WTP) a fee for the use of a mooring buoy (Mitchell and Carson, 1989). The objectives of this study were to assess the preferences of recreational boaters regarding the number of boats anchoring at

a given cove/bay and the distance between them, their WTP for the use of mooring buoys and their perception of the negative effects that recreational boating may have on the marine environment. Our aim was to contribute to the design of environmental regulations that would be more successful at preventing anchoring disturbance by the provision of elements that might increase acceptance and support by recreational boaters. To this end, a survey of recreational boaters that use a popular mooring site in the coast of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean) was carried out during the summer season.

## Methods

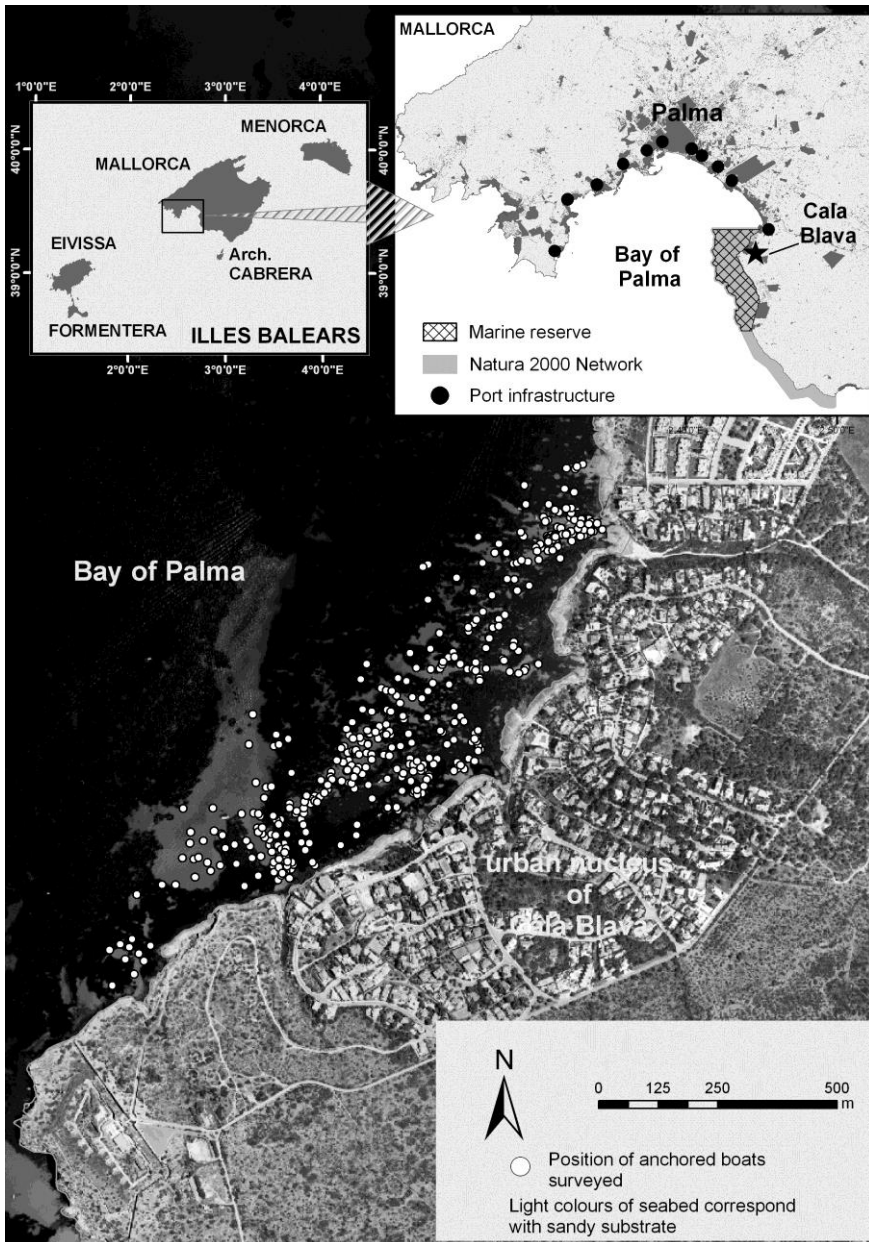
A self-administered survey was implemented in Cala Blava, a popular recreational boating site located in the Bay of Palma (Mallorca), the main port and urban center in the Balearic Islands (Fig. 1) and where more than 5000 berths are offered (Balaguer *et al.*, 2011). Cala Blava is part of a MPA designated by overlapping regional and European legislations. The dominant benthic communities in the cove are *Posidonia oceanica* meadows and unvegetated sands. Cala Blava is the only anchoring site in the bay of Palma where mooring buoys have been installed in previous years to protect *P. oceanica* from anchoring impacts: 49 buoys have been installed during summer since 2006. There were no fees charged for the use of these buoys and boaters were also allowed to anchor in sandy zones. Mooring buoys were not installed during summer 2011, when this study was done.

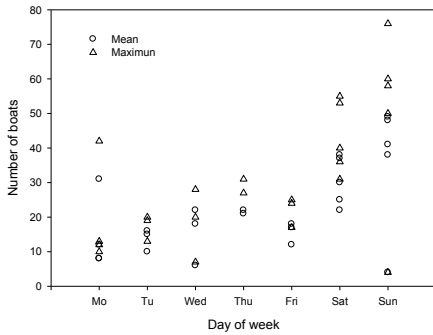
The survey (see the Appendix) was designed to collect data related to the perceptions of recreational boaters of the number of boats present in Cala Blava and

the distance between them, their WTP for the use of buoys and their perception of the negative effects that recreational boating may have on the marine environment. We also registered data related to boat characteristics and port of origin, prior knowledge of the site, residence status and other demographic data of the recreational boaters. The survey, printed in five languages (Catalan, Spanish, English, French, and German) was distributed to recreational boaters anchored at the study site over a period of seven weeks in the high season for tourism of 2011 (from 24th July to 11th September). Pilot tests of the survey were carried out with native speakers of each language. It took an average of seven minutes to complete.

The study aimed to sample two week days and both weekend days every week although this varied somewhat since sample days were influenced by weather conditions. A team of two surveyors zigzagged through the site in a small inflatable distributing one survey per boat. The sampling approach was a combination of opportunistic and quota. The sample ranged from 50 – 100% of the maximum number of boats observed each day. Repeat visits of individuals who had already completed the survey, refusals, and boats leaving before the team was able to administer a survey were limiting factors to the sample. The team arrived at 10 am when boaters started to arrive at the cove and left between 4 – 6 pm once peak hour for boats had passed. The total number of boats could be counted visually from any location within the cove so the surveyors were able to obtain periodic counts of boat fluctuations throughout the day.

The number of anchored boats and the distance between them considered acceptable by the majority (> 50%) of recreational boaters present in Cala Blava,





**Fig. 2.** Mean and maximum number of boats anchoring in Cala Blava from Monday to Sunday. Each symbol represents the value (mean or maximum) corresponding to each of the survey days.

**Fig. 2.** *Nombre mitjà i màxim d'embarcacions fondejades a Cala Blava de dilluns diumenge. Cada símbol representa el valor (mitjà o màxim) corresponent a cada dia de mostreig.*

and how their satisfaction from visiting the site would change if the number of anchored boats increased or the distance between them decreased were assessed using the methodology proposed by Diedrich *et al.* (2011) which is based on the Limits of Acceptable Change (LAC) process. In brief, as opposed to focusing directly on visitor numbers, the LAC process requires the definition of acceptable social and environmental conditions in the management area and the prescription of measures to monitor and protect these conditions (Stankey *et al.*, 1985).

Differences between week days and weekend days in the number of boats anchoring in Cala Blava were evaluated using a t-test. The association between crowding (number of boats anchored in the site) and the perceptions of recreational boaters about the number and distance between boats anchoring was evaluated using Spearman rank correlation ( $r_s$ ).

Frequency distribution of the amount in euros that recreational boaters would be willing to pay for one day of use of a mooring buoy (see question 11 in Appendix) was built to identify WTP.

## Results

Four hundred and twenty five surveys were obtained over a period of 23 days (11 weekend days, 14 week days) with a response rate of 95 %. The proportion of repeat visitors increased during the study and reached a maximum of 32 % at the end of the sampling period.

The number of boats anchored in Cala Blava was significantly higher during weekends than during the rest of the week (Fig. 2): the mean (of daily averages) number of boats increased from  $15 \pm 5$  (1 SD) to  $30 \pm 13$  ( $t = 4.8$ ,  $d.f. = 23$ ,  $P < 0.01$ ) while the average of the daily maximum number of boats increased from  $19 \pm 7$  to  $46 \pm 19$  ( $t = 4.9$ ,  $d.f. = 23$ ,  $P < 0.01$ ).

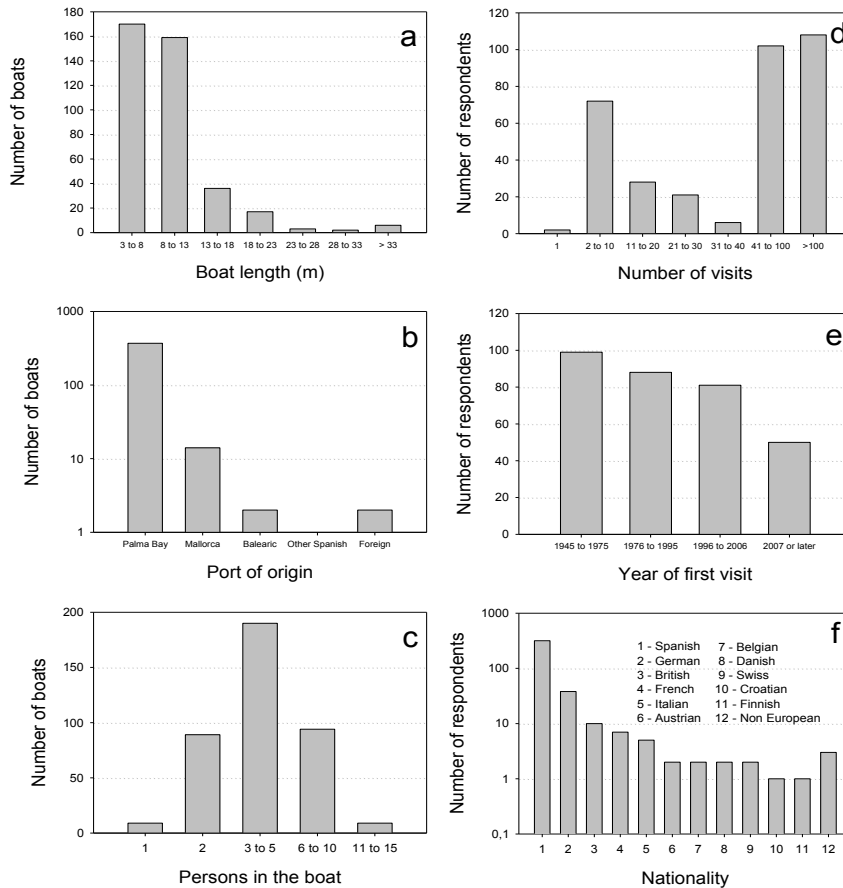
Sixty two percent of the boats had engine as the only propulsion system while 38 % had also sails. Eighty three percent of the boats had lengths smaller than 13 m (Fig. 3a). The majority of the boats (95 %) departed from ports located in Palma Bay and only 1 % of the boats arrived from other islands of the Balearic Archipelago or other ports outside it (Fig. 3b).

The boats were mainly privately owned (90 %) and skipped by residents in Mallorca (83 %). Three to five was the most frequent number of persons present in the boats (Fig. 3c). Cala Blava was known by many of the respondents because 62 % of them had visited it more than 40 times while 21 % had visited it between 2 and 10 times (Fig. 3d). The knowledge of Cala Blava extends quite far in the past because

59 % of the respondents had first visited it between 1945 and 1975 and only 16 % of respondents had first visited it after 2006 (Fig. 3e). Most of the respondents were Spaniards (81 %), followed by Germans (10 %), British (2.5 %) and French (1.8 %). Non-European respondents were only 0.8 % (Fig. 3f). Proximity to port of origin,

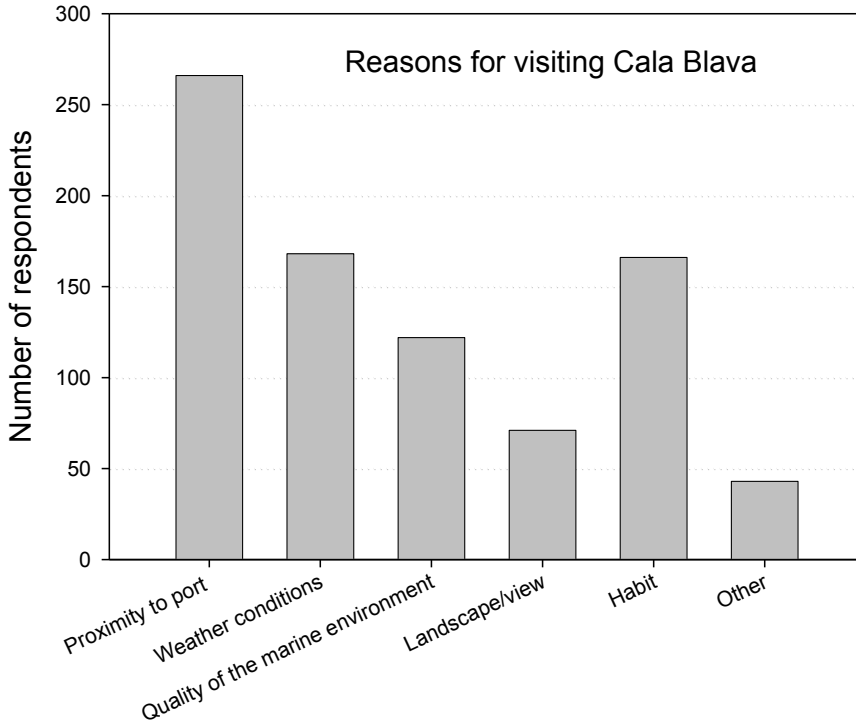
weather conditions and habit were the most frequent reasons given by respondents for choosing Cala Blava as the visit site (Fig. 4).

The percentage of respondents that considered that the number of boats anchored was adequate decreased ( $r_s = 0.86$ ,  $P < 0.05$ ) as crowding increased: from 89%



**Fig. 3.** Frequency distributions of a) boat lengths, b) port of origin, c) number of persons in boat, d) number of visits to Cala Blava, e) year of first visit to Cala Blava, and f) respondent nationality of the boats anchoring in Cala Blava.

**Fig. 3.** Distribució de freqüències de a) eslores (llargària) de les embarcacions, b) port d'origen, c) nombre de persones per embarcació, d) nombre de visites a Cala Blava, e) any que visità Cala Blava per primera vegada, i f) nacionalitat dels usuaris de les embarcacions que fondegen a Cala Blava.



**Fig. 4.** Frequency distribution of the reasons provided by recreational boaters for anchoring in Cala Blava.

**Fig. 4.** *Distribució de freqüències de les raons per les quals els usuaris d'embarcacions recreatives elegeixen Cala Blava per al fondeig.*

when only 0 to 10 boats were anchored in Cala Blava to 63 % when there were 60 or more boats anchored (Fig. 5a). The percentage of respondents that preferred “many fewer” or “fewer” boats anchored also increased up to 10 % ( $r_s = 0.78$ ,  $P < 0.05$ ) and 21 % ( $r_s = 0.86$ ,  $P < 0.05$ ), respectively, as crowding increased.

More than 80 % of respondents considered that distance between the boats anchored in Cala Blava was adequate and this opinion was not influenced by crowding (Fig. 5b). Respondents that considered that the distance between anchored boats was

“much too close”, “too close”, “too far” and “much too far” were always below 20 % and were not associated to crowding. When respondents were asked about how the overall quality of their visit to Cala Blava would change if the number of anchored boats increased, 21 % considered that it would decrease a lot, 52 % considered that it would decrease a little and 25 % considered that it would not change. When asked about a reduction of distance between anchored boats, 37 % considered that the overall quality of their visit would decrease a lot, 49% considered that it would decrease

**Fig. 5.** Opinion of recreational boaters anchoring in Cala Blava about a) the number of boats anchored in the cove, b) distance between anchored boats, and c) overall quality of experience of their visit as the number of boats present in the cove increases.

**Fig. 5.** Opinió dels usuaris de les embarcacions fondejades a Cala Blava sobre a) nombre d'embarcacions fondejades a la cala, b) distància entre les embarcacions fondejades, c) qualificació general de l'experiència de la visita a Cala Blava a mesura que el nombre d'embarcacions presents a la cala augmenta.

a little and 12 % considered that it would not change (Fig. 5c).

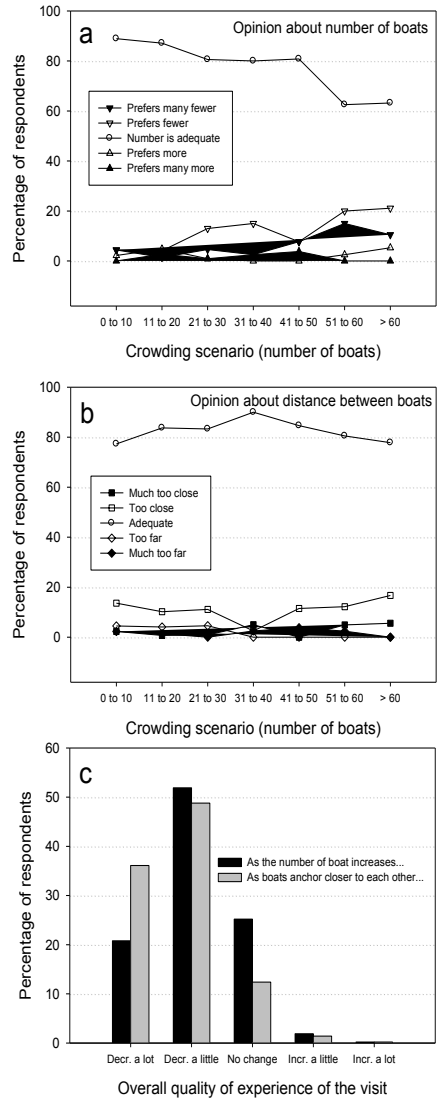
Overall satisfaction of respondents was high because more than 90% were either satisfied or very satisfied with their experience of visiting Cala Blava.

The results of a categorical response question about the perceived impacts of boating on the marine environment in Mallorca (see question 7 in Appendix) showed the highest response rate for anchor damage to *P. oceanica* followed by pollution from trash, oil and waste water (Fig. 6).

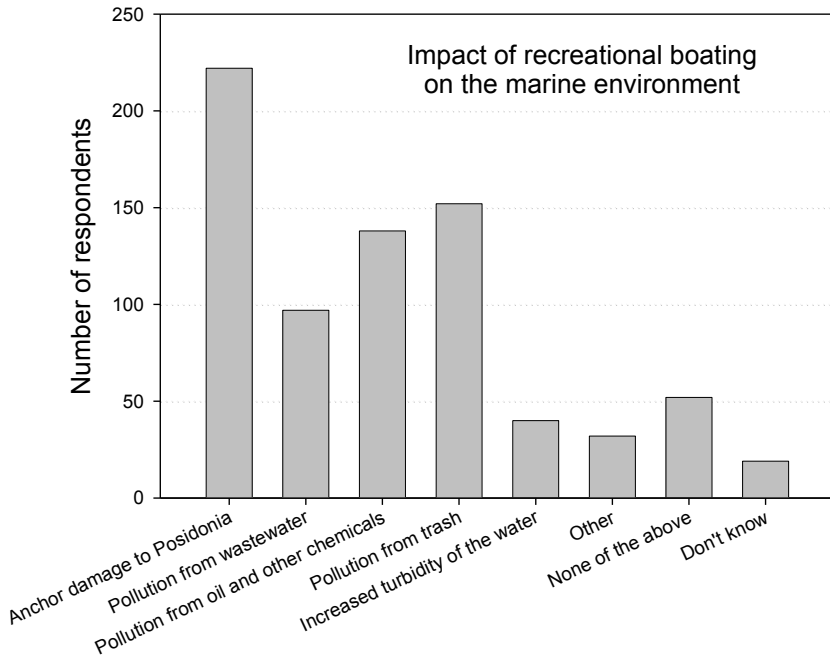
Although none were present at the time of the study, more than 80% of the respondents knew that mooring buoys had been installed in Cala Blava in the previous years, and 75.2 % of them considered that they would be more likely to go to a site where mooring buoys were available than not. Almost 58 % of respondents were willing to pay a fee for the use of a mooring buoy. The modal fee was 5 Euros (Fig. 7).

## Discussion

Recreational boaters mooring in Cala Blava did not feel that this cove zone was crowded because more than 60 % of them



considered that the number of boats was adequate even at the highest level of crowding (number of anchored boats > 60) and also because the distance between anchored boats was always adequate for 80 % or more of them (Fig. 5). The level of use of Cala Blava at the time of the survey

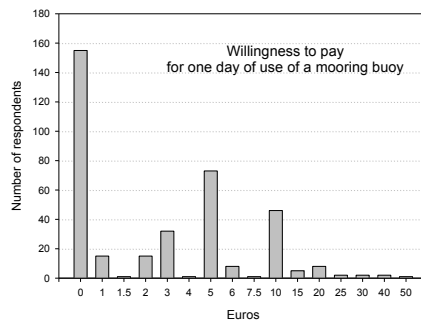


**Fig. 6.** Frequency distribution of the answers regarding the main impacts that recreational boating has on the marine environment as identified by visitors to Cala Blava.

**Fig. 6.** *Distribució de freqüències de les respostes referents als principals impactes que la nàutica recreativa te sobre el medi marí identificats pels visitants de Cala Blava.*

was considered adequate by recreational boaters even during weekends when the average maximum number of anchored boats was 49. This conclusion is further supported by the high level of satisfaction experienced by recreational boaters visiting Cala Blava. Hence, limits of acceptable change (Stankey *et al.*, 1985) were not reached by most recreational boaters using Cala Blava as mooring site during the survey.

This circumstance imposes a limit on the applicability of the methodology proposed by Diedrich *et al.* (2011) because it was not possible to identify the number of moored boats and distance among them that could be used to establish a field of



**Fig. 7.** Willingness to pay for use of mooring buoys of recreational boaters visiting Cala Blava.

**Fig. 7.** *Voluntat de pagament dels usuaris d'embarcacions recreatives que visiten Cala Blava per a l'ús de les boies de fondeig.*



mooring buoys that would have support from users.

The typical recreational boater visiting this Cala was a resident in Mallorca that owns an engine-powered boat of a length smaller than 12 m, having its port of origin in the Bay of Palma (Fig. 3). The boat would be carrying 3-5 persons who would be frequent visitors of the site. Indeed, proximity to port of origin, weather conditions and habit were the main reasons for choosing Cala Blava as the mooring site. Recreational boaters identified the damage caused to *P. oceanica* meadows by anchors as the main impact caused in the marine environment (Fig. 6). Pollution from trash, oil and waste water was identified as the second most important impact of recreational boating in the marine environment. This suggests that recreational boaters are aware of the negative effects that their activity might have on the environment.

Being long-term and frequent visitors of the site, recreational boaters anchoring in Cala Blava knew that mooring buoys were installed in the site in previous years (80 %) and indicated support for them (72 %). This support for the use of buoys translates into a WTP a fee for the use of a mooring buoy of 58 % of the users (Fig. 7). The most widely accepted fee would be 5 Euros. These results clearly show that social support for the use of mooring buoys as a way of reducing the negative effects that anchoring of recreational boats has on *P. oceanica* meadows is high.

Rationalist models of pro-environmental behaviour assumed that educating people about environmental issues would automatically result in more pro-environmental behaviour, but research over the years has proven these models wrong, since accumulating evidence proves that an increase in knowledge and awareness does

not necessarily lead to pro-environmental behaviour (Kollmus and Agyeman, 2002). Our results however, show that in general recreational boaters were aware of the problems regarding *P. oceanica* and willing to protect it by using mooring buoys rather than anchoring on it. Hence, in this case cognitive barriers were surmounted, perhaps because the impact caused by anchors was a tangible reality experienced by them. Another element to consider in this regard is that mooring is a more or less gregarious activity that might exert a kind of “social pressure” on boaters to act pro-environmentally, since mooring neighbours would witness any damage caused to the *P. oceanica* meadows by their “irresponsible congeners”.

Most studies about pro-environmental behavior stress the need to consolidate the stake-holder’s locus of control, and that they will engage more in environmentally friendly attitudes if they feel responsible for the object of protection (e.g.: Stern, 2000). Considering that most recreational boaters mooring in Cala Blava are 1) long-term and frequent visitors residents in Mallorca, 2) with origin in one of the several ports present in the Bay of Palma (Fig. 1) and members of the nautical clubs installed in them, and 3) support the use of mooring buoys to protect *P. oceanica* meadows from anchoring damage, their participation in the installation and maintenance of fields of mooring buoys might increase social support for the implementation of anchoring regulations in the Bay of Palma and promote the protection of *P. oceanica* meadows.

In conclusion, our results suggest that the public is well aware of the damage caused by anchoring on *P. oceanica* meadows and that a mooring regulation that would reduce this harm through the use of mooring buoys would have wide support

from the main users, who would be even willing to pay for the service. This is a bright prospect for the conservation of this valuable and fragile coastal ecosystem.

## Acknowledgements

This research was co-financed by the Spanish Ministry of Industry, Energy, and Tourism and the 2008–11 National Plan for Research, Development and Technological Innovation (Project TSI-020100-2010-852, TECHSEA). We thank Club Náutico S’Arenal for allowing us to use their facilities and providing alternative boat support, and S. Espeja for her participation in the fieldwork and data entry.

## References

- Balaguer, P., Diedrich, A., Sardá, R., Fuster, M., Cañellas, B. and Tintoré, J. 2011. Spatial analysis of recreational boating as a first key step for marine spatial planning in Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Ocean & Coastal Management*, 54: 241-249.
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A. and Verlaque, M. 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina*, 52: 395-418.
- Bradshaw, G.A. and Bekoff, M. 2000. Integrating humans and nature: Reconciling the boundaries of science and society. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(8): 309-310.
- Ceccherelli, G., Campo, D. and Marco, M. 2007. Short-term response of the slow growing seagrass *Posidonia oceanica* to simulated anchor impact. *Marine Environmental Research*, 63: 341-349.
- Clark, W.C. 2007. Sustainability Science: A room of its own. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104: 1737-1738.
- Diedrich, A., Balaguer, P. and Tintoré, J. 2011. Methodology for applying the Limits of Acceptable Change process to the management of recreational boating in the Balearic Islands, Spain (Western Mediterranean). *Ocean & Coastal Management*, 54: 341-351.
- Ehler, C., Douvère, F. 2009. Marine spatial planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. In: IOC Manuals and Guides 53, ICAM Dossier 6. UNESCO, Paris.
- Francour, P., Ganteaume, A. and Poulain, M. 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9: 391-400.
- Francour, P., Magréau, J.F., Mannoni, P.A., Cottalorda, J.M. and Gratiot, J. 2006. Management guide for Marine Protected Areas of the Mediterranean sea, Permanent Ecological Moorings., Université de Nice-Sophia Antipolis & Parc National de Port-Cros, Nice.
- Gacia, E. and Duarte, C.M. 2001. Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 505-514.
- Gacia, E., Duarte, C.M. and Middelburg, J.J. 2002. Carbon and nutrient deposition in a Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*). *Limnology and Oceanography*, 47: 23-32.
- Hemminga, M. A., and Duarte, C. M.. 2000. *Seagrass ecology*. Pages 298. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Infantes, E., Orfila, A., Simarro, G., Terrados, J., Luhar, M. and Nepf, H. 2012. Effect of a seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow on wave propagation. *Marine Ecology Progress Series*, 456: 63-72.
- Kendrick, G. A., Marbà, N. and Duarte, C.M. 2005. Modelling formation of complex topography by the seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65:717-725.
- Kollmuss, A., Agyeman, J., 2002. Mind the gap: why do people act environmentally and what

- are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8: 239-260.
- Lepoint, G., Gobert, S., Dauby, P. and Bouquegneau, J.M.. 2004. Contributions of benthic and planktonic primary producers to nitrate and ammonium uptake fluxes in a nutrient-poor shallow coastal area (Corsica, NW Mediterranean). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302: 107-122.
- Lloret, J., Zaragoza, N., Caballero, D. and Riera, V. 2008. Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 51:749-754.
- Marbà, N., Duarte, C.M., Holmer, M., Martínez, R., Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A. and Tintoré, J. 2002. Effectiveness of protection of seagrass (*Posidonia oceanica*) populations in Cabrera National Park (Spain). *Environmental Conservation*, 29: 509-518.
- Mateo, M.A., Romero, J., Pérez, M., Littler, M.M. and Littler, D.S. 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 103-110.
- Milazzo, M., Chemello, R., Badalamenti, F., Camarda, R. and Riggio, S. 2002. The impact of human recreational activities in marine protected areas: What lessons should be learnt in the Mediterranean Sea? *Marine Ecology - an Evolutionary Perspective* 23, Supplement 1: 280-290.
- Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G. and Chemello, R.. 2004. Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299: 51-62.
- Mitchell, R.C., Carson, R.T., 1989. Using surveys to value public goods: the contingent valuation method. Resources for the Future, Washington, DC.
- Procaccini, G., Buia, M. C., Gambi, M.C., Pérez, G., Pergent, C., Pergent-Martini, C. and Romero, J. 2003. The seagrasses of the Western Mediterranean. Pages 48-58 in E. P. Green and F. T. Short, editors. World Atlas of Seagrasses. UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley.
- Stankey, G., Cole, D., Lucas, R., Peterson, M., Frissell, S., Washburne, R., 1985. The Limits of Acceptable Change (LAC) system for wilderness planning. USDA Forest Service General Technical Report INT-176.
- Stern, P.C. 2000. Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behaviour. *Journal of Social Issues*, 56 (3): 407-424.
- Templado, J., Ballesteros, E., García Raso, J.E., san Martín, G., López García, E., Salas, C., Luque, A.A., Sánchez Lizaso, J.L. and D. Moreno. 2004. La comunidad posidonícola. In: Luque, A.A. and Templado, J. (Coords.) Praderas y bosques marinos de Andalucía, pp 89-116. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.
- Terrados, J. and Duarte, C.M.. 2000. Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 243: 45-53.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, Jr. A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T. and Williams, S.L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 106: 12377-12381.



# Els jaciments de platja pleistocens entre cap Ferrutx i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental)

Damià VICENS

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Vicens, D. 2012. Els jaciments de platja pleistocens entre cap Ferrutx i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 163-173. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es descriu l'estratigrafia i el registre paleontològic de jaciments del Pleistocè superior amb fòssils marins situats entre el cap Ferrutx i cala Torta, al litoral d'Artà (Mallorca). Els dipòsits de s'Arenalet d'Albarca i de Fonsalada són els jaciments més importants de la zona. Es realitza una revisió i discussió de treballs anteriors publicats a la zona.

**Paraules clau:** *Pleistocè superior, jaciments, Mollusca, Artà, Mallorca.*

QUATERNARY BEACH DEPOSITS IN ARTÀ BETWEEN FERRUTX CAPE AND CALA TORTA (MALLORCA, WESTERN MEDITERRANEAN). The stratigraphy and paleontological records of sites from the upper Pleistocene with marine fossils are described. The paleontological site are located between cap Ferrutx and cala Torta, on the coast of Artà (Mallorca). S'Arenalet d'Albarca and Fonsalada are the most important sites in the area. A review and discussion of previous work published in the area are given.

**Keywords:** *Upper Pleistocene, paleontological sites, Mollusca, Artà, Majorca.*

*Damià VICENS, Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca.*

*Recepció del manuscrit: 25-mar12; revisió acceptada: 30-des-12.*

## Introducció

L'illa de Mallorca compta amb nombrosos estudis sobre el Quaternari; una introducció recent i actualitzada es pot consultar a Ginés *et al.* (2012a).

La península d'Artà, situada al NE de l'illa de Mallorca, ha estat objecte de diversos estudis relacionats amb aquest període.

D'una banda, al vessant de la badia d'Alcúdia hi ha importants ventalls al·luvials i eolianites quaternàries que han estat estudiats per part de Rodríguez-Perea (1998) i Gómez-Pujol (1999). Per altra part, hi ha platges pleistocenes, que han estat estudiades per Cuerda i Galiana

(1976), Vicens i Gràcia (1988), Rose *et al.* (1999), Vicens (2009), Vicens *et al.* (2012), Ginés *et al.* (2012b).

Aquest treball constitueix una segona entrega sobre els jaciments quaternaris de la península d'Artà. La primera part tractà del litoral d'Artà (del torrent de na Borges fins el cap Ferrutx) (Vicens, 2009), la segona, que n'és aquesta, estudia també el litoral d'Artà, des del cap Ferrutx fins a cala Torta.

Entre els talls estratigràfics que es presenten, hi ha una nova interpretació del jaciment de Fonsalada presentat per l'autor a Vicens i Gràcia (1988), especialment pel que toca al tall de la *localización 2* on es rectifica i es reinterpreta el tall descrit a la *localización 1*.

## Antecedents

Al sector estudiat hi ha pocs estudis dels jaciments pleistocens. Així, Solé Sabarís (1962) comenta que té coneixement de que hi ha bons jaciments del Pleistocè al N i NO d'Artà, emperò no especifica quins jaciments. A Morey i Cabanellas (2007-2008) i Morey (2008a; 2008b) es citen alguns jaciments d'aquest indret, i Morey (2008a) presenta algun tall estratigràfic.

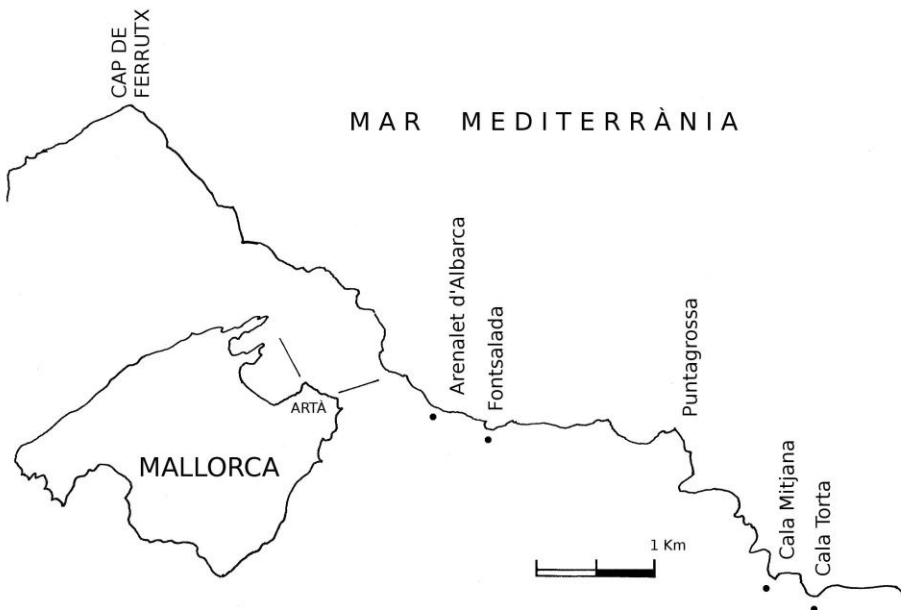
Vicens i Gràcia (1988) estudien l'estratigrafia i el registre paleontològic de dos jaciments de cronologia diferent a Fontsalada. Un que consideren de l'Eutirrenià i un altre del Neotirrenià. Els mateixos autors presentaren els resultats a unes Jornades (Vicens i Gràcia, 1990), i anys més tard, en un treball de caire

general, inclouen els dos jaciments abans esmentats (Vicens i Gràcia, 1998).

## Metodologia

S'han realitzat talls estratigràfics dels jaciments del Pleistocè superior situats a l'àrea d'estudi i s'ha pogut consultar la base de dades de la col·lecció Andreu Muntaner, col·lecció Gràcia-Vicens i col·lecció Vicens (dipositades a la Societat d'Història Natural de les Balears), on hi havia material procedent d'alguns dels jaciments d'aquesta zona.

Respecte la situació dels jaciments amb coordenades UTM s'ha utilitzat el Sistema d'Informació Geogràfica donada pel *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino* (SIGPAC) i per a la



**Fig. 1.** Localització dels dipòsits quaternaris estudiats en aquest treball al litoral d'Artà (Mallorca).

**Fig. 1.** Location of the Quaternary deposits studied in this work on the coast of Artà (Mallorca).

toponímia s'ha utilitzat el treball d'Aguiló (2011).

La datació relativa dels dipòsits està basada en les faunes de mol·luscs marins durant el Pleistocè superior de les Balears estudiades per Cuerda (1975; 1987) i relacionades amb la corba eustàtica presentada per Tuccimei *et al.* (2006).

L'ordenació de les espècies estudiades està basada en Cuerda (1987).

### Descripció dels jaciments

Els jaciments es descriuen de forma senzilla i es fa un tall estratigràfic esquemàtic dels mateixos. Per norma general s'ha anomenat l'estrat o nivell més antic de cada localitat amb la lletra a, i seguint amb les lletres per ordre alfabètic.

Per a caracteritzar els colors dels distints nivells s'ha utilitzat la *Munsell Soil Charts* per a mostres seques. El color, en aquest casos, no és molt precís, ja que pot

variar lateralment en un mateix nivell i es dona de forma orientativa.

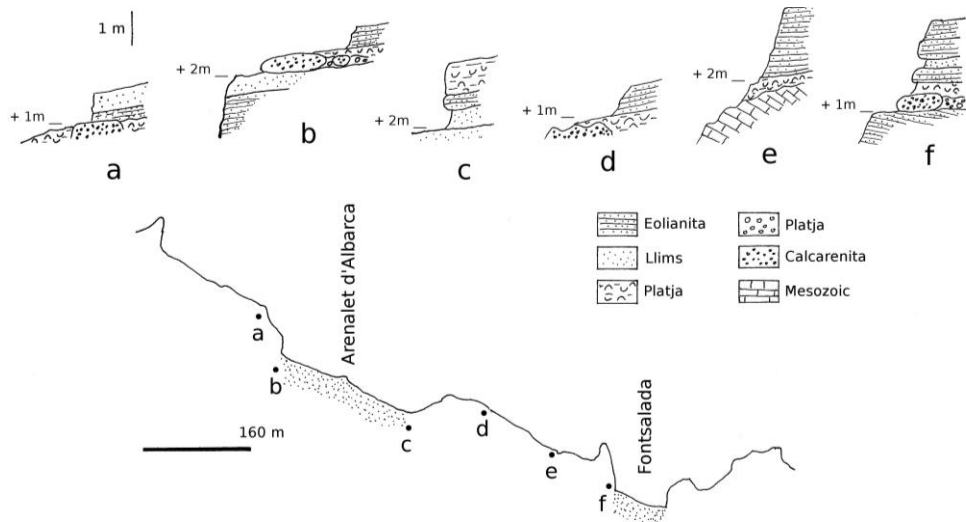
Els jaciments estudiats en el terme d'Artà es troben a s'Arenalet d'Albarca, Fontsalada, Cala Mitjana i Cala Torta (Fig. 1). Tots els jaciments són del Pleistocè superior.

No s'observa que els jaciments es trobin a més alçada que altres zones del litoral de Mallorca, així com esmenten Morey i Cabanellas (2007-2008).

La discussió és fa just després de la descripció de cada un dels jaciments estudiats.

### S'Arenalet d'Albarca – Fontsalada

Aquesta zona de costa del litoral d'Artà, compta amb jaciments importants, i poc estudiats pels quaternaristes. L'estudi més complet és el realitzat per Vicens i Gràcia (1988), tot i que els autors cometen una sèrie d'errors d'interpretació que es justifiquen, revisen i corregeixen en el present treball.



**Fig. 3.** Talls estratigràfics entre s'Arenalet d'Albarca i sa Fontsalada. Veure l'explicació al text.  
**Fig. 3.** A- Stratigraphical log between s'Arenalet and sa Fontsalada. See explanation in the text.

S'inicia la descripció de la zona començant per l'O de la platja de s'Arenalet d'Albarca fins arribar al marge E de Fontsalada (Fig. 2).

A tot el marge Oest de la platja de s'Arenalet hi ha dipòsits del Pleistocè superior de diferents litologies, entre ells platges quaternàries. S'han fet dos talls, el tall a i el tall b.

El tall a (Coordenades UTM: 532426/4402155), el situat més a l'O, presenta la següent estratigrafia (Fig. 2-a):

a- Calcarenita molt cimentada de color gris (10YR 7/1). Presenta paleoformes que provenen d'una antiga erosió marina.

b- Dipòsit de platja (10YR 6/2) amb fòssils marins, sobre tot *Glycymeris* sp. i *Acanthocardia* sp.

c- Llims arenosos (10YR 8/4). El nivell b passa gradualment al nivell c. S'ha observat la presència de *Tudorella ferruginea*. A la part superior hi ha una costra de color blanc (10YR 7/3) d'uns 5 cm de gruixa.

Al tall b (Coordenades UTM: 532518/4402061) es poden observar més nivells que en el tall anterior. L'estratigrafia és la següent (Fig. 2-b):

a- Eolianita bioturbada (7.5YR 8/3) de com a mínim 1 m de potència.

b- Llims endurits de color vermellós (7.5YR 6/4). En aquestes bretxes s'ha observat la presència d'*Iberellus* sp

c- Platja pleistocena formada per arenes de platja i còdols arrodonits i blocs procedents d'una antiga platja quaternària. La matriu és de color blanquinós. Els fòssils no són abundants.

d- Platja pleistocena composta per arenes de platja i algun fòssil. Aquest nivell es pot correlacionar amb el nivell b del nivell anterior.

e- Eolianita d'1 m de potència

Al tall b es poden observar més nivells degut, possiblement, a que aquest indret ha

estat una àrea d'influència del torrent que desemboca a s'Arenalet. També es veuen més nivells perquè l'erosió ha deixat més nivells al descobert.

Els llims vermellosos per davall de platges pleistocenes també són presents a altres zones de Mallorca, i no tenen perquè procedir de torrents, com per exemple a cala Pudent (Muntaner, 1957, Cuerda, 1975, Ginés *et al.*, 2012b) i a la platja de Sant Joan (Vicens, 2008; Vicens *et al.*, 2012). En aquests indrets la cronologia d'aquests llims es correspondria amb els finals del MIS 6 o d'inicis del MIS 5e.

Al mig de la platja de s'Arenalet (UTM: 532636/4402010) hi ha un petit testimoni de platja quaternària constituït parcialment per blocs i còdols de platja cimentats.

Entre el marge E de s'Arenalet i Fontsalada hi ha un jaciment de dimensions notables. La presència de platges quaternàries durant 250 m de litoral és pràcticament continu.

Es caracteritza per haver-hi dipòsits del quaternari adossats a materials del Mesozoic. El més abundants són les eolianites i els dipòsits de platja. Els llims cimentats, llims tous i bretxes són menys abundants i solen aparèixer prop de la desembocadura dels torrents que donen a ambdues cales. S'han realitzat diferents talls, que s'han anomenat d'Oest a Est, tall c fins a tall f (Fig. 2).

El tall c (Coordenades UTM: 532686/4401952), situat just al marge E de s'Arenalet s'observen els següents nivells (Fig. 2-c):

a- A la base hi ha uns llims vermellosos cimentats, que s'assemblen als llims del nivell b del tall b.

b- Llims vermells (5YR 4/4) sense cimentar d'uns 40 cm de potència. No s'han observat macrofòssils. El nivell a i el nivell b d'aquest tall, possiblement es poden correlacionar amb el nivell b del tall b.



c- Eolianita bioturbada d'entre 30 i 40 cm de potència.

d- Arenes cimentades de platja (2.5YR 8/3) d'1 m de potència. S'han pogut determinar les següents espècies:

*Glycymeris* sp.

*Chamelea gallina*

*Cymatium costatum*

*Thais haemastoma*

*Conus mediterraneus*

*Tudorella ferruginea*

Malgrat que *Cymatium costatum* té unes certes connotacions termòfiles, el més plausible és correlacionar aquest nivell amb la platja pleistocena del nivell b del tall a, i del nivell d del tall b. El fet de no trobar el nivell de blocs (present als altres talls) es pot explicar perquè és un indret més distal de l'antiga línia de costa que els indrets anteriors.

Al tall d (Coordenades UTM: 532773/4401976) que dista uns 80 m de la localització anterior, s'observen dipòsits de platja amb fòssils marins. Aquest dipòsit cobreix una calcarenita que presenta paleoformes degudes a una antiga erosió marina litoral. La platja quaternària va passant gradualment a un nivell d'eolianites on es pot observar en algun indret petjades de *Myotragus balearicus* (Fig. 2-d). *Cymatium costatum* va ser citat per Vicens *et al.* (2001) i procedeix d'aquest indret. La fauna observada a la platja fòssil és la següent:

*Glycymeris violascens*

*Lima lima*

*Loripes lacteus*

*Tellina planata*

*Donax trunculus*

*Callista chione*

*Fissurella nubecula*

*Cymatium costatum*

*Iberellus companyonii*

El tall e (Coordenades UTM: 532923/4401914) és el que Vicens i Gràcia

(1988) l'anomenen com a *playa de sa Font Salada, localització 2*. Un bloc d'eolianita despresada del penya-segat i que tenia adossat material amb fòssils marins, va fer que Vicens i Gràcia (1988; 1990; 1998) interpretessin que és tractava d'un reompliment de materials neotirrenians dins un crull d'una eolianita del Pleistocè superior. S'ha visitat novament aquest jaciment i s'ha observat que no és un reompliment d'un crull, és un nivell que s'adapta a un paleorelleu existent sobre els materials del Mesozoic i que té per sobre una eolianita (Fig. 2-e). Entre els materials del Mesozoic (nivell a) i el nivell arenós-llimós amb fauna marina (nivell b) hi ha zones on es pot observar uns llims vermellosos molt endurits i restes d'eolianites blanquinoses molt litificades que no s'han representat al tall.

El nivell amb fauna marina del tall e és un nivell concordant amb el nivell c de Fontsalada de Vicens i Gràcia (1988).

El tall presentat per Vicens i Gràcia (1988; 1990; 1998) com a *playa de sa Font Salada, localització 2*, i el presentat per Morey (2008a) basat amb els autors anteriors, no és correcte i s'ha de rebutjar.

La cronologia que li donaven Vicens i Gràcia (1988) als materials amb fòssils marins era neotirreniana (=MIS 5a) per la falta de fauna termòfila i per la seva posició estratigràfica. Hores d'ara, a pesar que la interpretació estratigràfica no era la correcta, si es correlaciona aquest nivell amb els de la zona, si es pot dir que la cronologia és probablement del MIS 5a.

El darrer tall d'aquesta zona, el tall f (Fig. 2-f), situat a Fontsalada (Coordenades UTM: 533009/4401850), és el que Vicens i Gràcia (1988; 1990; 1998) anomenen com *playa de sa Font Salada, localització 1*. Una síntesi de la seqüència estratigràfica a partir de Vicens i Gràcia (1988) és la següent:

a - Eolianita rissiana, que presenta una plataforma d'abrasió marina a + 1 m.

b - Nivell eutirrenià constituït per microconglomerats molt cimentats de color blanquinós, d'una potència entre 0,4 i 0,5 m. Entre la fauna trobada s'han trobat mol·luscs termòfils com són: *Barbatia plicata*, *Brachidontes senegalensis*, *Patella ferruginea*, *Strombus bubonius*, *Thais haemastoma* ssp. *consul* i *Cantharus viverratus*.

c - Nivells constituït per llims de color groc-vermellenc (7,5 YR 6/6) amb còdols i fòssils marins, majoritàriament bivalves. Únicament es va trobar com a tàxon termòfil, *Barbatia plicata*.

d - Eolianita llimosa de color rosat (7,5 YR 8/4) amb una potència compresa entre 0,25 m i 0,35 m. Aquesta eolianita desapareix pocs metres cap el N.

e - Llims de color groc-vermellós (5 YR 5/8) amb clastes angulosos d'una potència d'uns 0,4 m. La presència de clastes és més nombrosa a la part inferior del nivell. A la part superior s'ha trobat *Iberellus companyonii*.

f - Eolianita de color groc-vermellós (7,5 YR 6/6) molt llimosa, d'una potència entre 0,6 i 0,8 m.

g - Eolianita de color blanc-rosat (7,5 YR 8/2), d'una potència mínima d'uns 0,7 m. Tant a l'eolianita f com a la g es va trobar fòssils de mol·luscs terrestres, com són: *Chondrula gymnesica*, *Xerocrassa frater*, *Iberellus companyonii* i *Tudorella ferruginea*.

La presència nombrosa d'espècies termòfiles del nivell b, citades per Vicens i Gràcia (1988) ens indiquen una cronologia eutirreniana. Al nivell c només s'havia trobat *Barbatia plicata* com a espècie termòfila, i el fet de què per damunt hi hagués tres eolianites va fer que Vicens i Gràcia (1988) assignessin una edat de l'Eutirrenià final.

En realitat el nivell b, consta de dos conjunts de fauna termòfila de cronologia diferent, si bé els dos conjunts són del MIS 5e. Hi ha blocs formats per microconglomerats amb una matriu molt blanquinosa, que contenen fòssils marins i que procedeixen d'una antiga platja desmantellada. Aquests blocs han sofert l'erosió marina i presenten formes arrodonides. Per sobre dels blocs hi ha fòssils majoritàriament d'organismes incrustants, perforants o que s'adhereixen al substrat, com són els següents: *Brachidontes senegalensis*, *Lithophaga lithophaga*, *Petricola lithophaga*, *Bivonia triquetra* i *Spirogyphus glomeratus*. Entre els blocs també hi ha un conglomerats amb una matriu blanca i fòssils marins. Tant dins dels blocs (que s'ha anomenat nivell b-1) com per sobre o entre ells (que s'ha anomenat b-2) s'ha trobat fauna termòfila i això s'ha sabut revisant les anotacions de camp de la col·lecció Gràcia-Vicens.

En el nivell c d'aquesta localitat es va trobar *Barbatia plicata*, mol·lusc termòfil, emperò es va trobar molt prop del nivell on hi ha *Spirogyphus glomeratus*, per la qual cosa és molt probable que sigui un fòssil reelaborat procedent del nivell anterior, el nivell b-2. El nivell c es pot correlacionar estratigràficament amb el nivell b del tall e, i probablement és cronològicament del MIS 5a.

Aquest tall té paral·lelismes amb el del torrent de son Real, descrit per Vicens (2011). A l'igual que aquell, hi ha tres nivells amb fauna marina; dos amb fauna termòfila i un amb fauna banal. A la base hi ha una eolianita del Riss i per acabar la sèrie llims terrestres i eolianites. També té alguna analogia amb el tall de Son Serra de Marina (entre ses Pedreres i el torrent de na Borges) descrit pel mateix autor, ja que hi ha un nivell amb Vermetidae per sobre d'un nivell de platja erosionat i els cobreix un

nivell que no presenta fauna termòfila on hi són freqüents els bivalves.

A part dels anteriors dipòsits, és obligat comparar-lo amb el del caló des Camps, descrit inicialment per Cuerda i Galiana (1976) i posteriorment per altres autors com Rose *et al.* (1999), Vicens i Pons (2007) o Ginés *et al.* (2012b), entre d'altres. L'única diferència és que al caló des Camps, només s'observa aparentment un sol nivell amb fauna termòfila del MIS 5e; també hi ha per sobre un nivell amb fauna marina banal del MIS 5a.

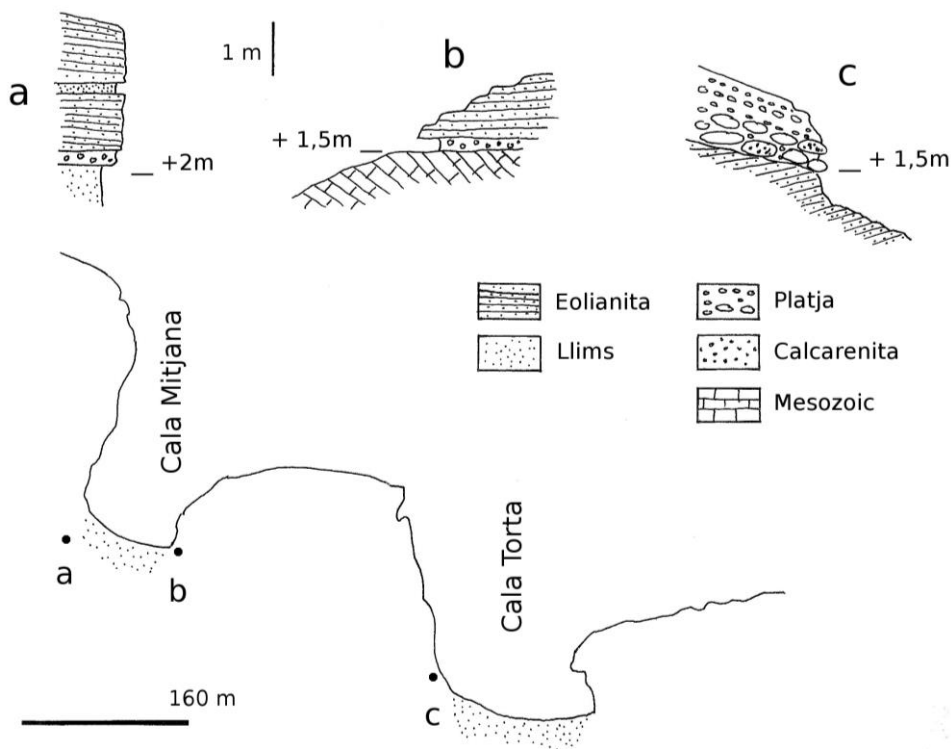
Al marge Est de Fontsalada (UTM: 533103/4401809) no s'observa una

seqüència tan completa com en el marge Oest. La separació entre les dues eolianites superiors no s'observa d'una forma tan evident, possiblement degut a què estan bastant bioturbades per arrels. Just per davall hi ha un nivell amb còdols arrodonits, arenes de platja i fòssils marins. L'eolianita basal, presumiblement del Riss, també es pot observar.

### Cala Mitjana

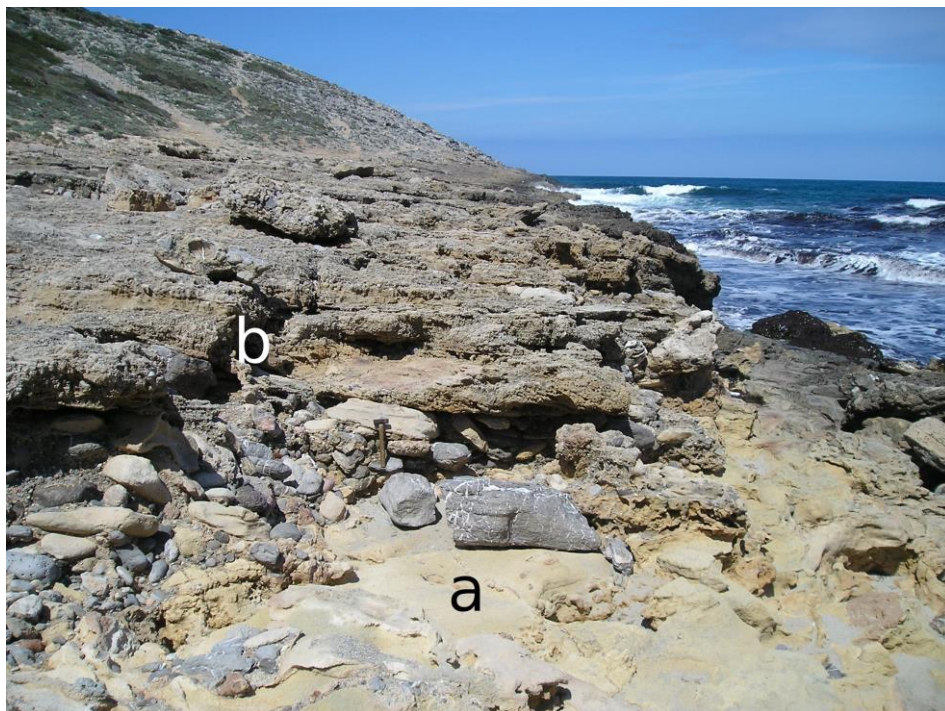
Coordenades UTM: 535534/4400535

Al voltant de la cala hi ha dipòsits pleistocens. En el marge Est de la cala s'observa la següent estratigrafia (Fig. 3-b):



**Fig. 3.** Talls estratigràfics entre cala Mitjana i cala Torta. Veure l'explicació al text.

**Fig. 3.** A stratigraphical log between cala Mitjana and cala Torta. See explanation in the text.



**Fig. 4.** Cala Torta (Artà): a- Eolianita del Riss. b- Dipòsit de platja amb fòssils marins.

**Fig. 4.** Cala Torta (Artà): a- Riss aeolianite. b- Beach deposit with marine fossils.

a- Calcàries del Mesozoic.

c- Dipòsit de platja constituït per arenes llimoses color marró (10YR 6/6) i còdols arrodonits de mida mil·limètrica i centimètrica amb alguna resta de mol·lusc marí fragmentat que no s'ha pogut determinar. La seva potència es troba entre 0,1 i 0,3 m.

d- Eolianita amb laminació de baix angle i de color groc (10YR 8/6). S'ha observat la presència d'icnites de *Myotragus balearicus*.

En el marge Oest de la cala s'observa (Fig. 3-a):

b-Llims vermells (5YR 4/4) tous amb clastes angulosos a la base. No s'ha observat cap macrofòssil. La potència com a mínim és de 0,8 m.

c- Arenes i còdols de platja d'entre 0,2 i 0,3 m de potència. A la base hi ha llocs que les arenes no es troben cimentades. S'han trobat els següents fòssils:

*Anomia ephiphium*

*Patella* sp.

*Monodonta* sp.

Vermetidae

*Conus mediterraneus*

d- Eolianita de color groc (10YR 8/3) amb laminació de baix angle. S'observa algun claste angulós.

e- Llims de color rojenc (7.7YR 7/6) amb clastes angulosos i mol·luscs terrestres: *Iberellus companyonii*, *Tudorella ferruginea* i *Chondrula gymnesica*.

f- Eolianita de color groc (10YR 8/3) que presenta bioturbacions per arrels.

Si ens dirigim uns 30 m cap a la mar, no s'observa ni el nivell b, ni el nivell c. Els nivells superiors constituïts per dues eolianites i un paleosòl que els separa, passa a dues eolianites superposades on el paleosòl desapareix. Per davall de les dues eolianites hi ha una calcarenita més blanquinosa que les eolianites superiors. Aquesta calcarenita pot haver tingut una gènesi eòlica, emperò també pot ser una antiga platja encara que no s'hagin observat fòssils; podria ser un dipòsit del MIS 5e, com els altres observats a altres jaciments.

Uns 100 m cap a l'interior de la cala s'observa una eolianita que descansa sobre un llims vermells amb una potència no inferior a 1 m. Els dipòsits amb fòssils marins d'aquest indret són del Pleistocè superior, i pel context estratigràfic i semblança amb altres dipòsits del litoral artanenc els més probable és que siguin del MIS 5a.

### **Cala Torta**

Coordenades UTM: 535840/4400405

En aquesta cala hi ha un dipòsit de platja no menyspreable al marge Est, emperò és poc fòssilífer. L'estratigrafia és la següent (Fig. 3-c, Fig. 4):

a- eolianita basal color groguenc (10YR 7/3) que presenta crulls verticals reomplerts per llims vermelloso. A la part superior

b- Dipòsits de platja, que a la base presenta un nivell amb còdols arrodonits de mida decimètrica i a la part superior un nivell que

d'aquesta eolianita es va observar *Iberellus companyonii* (Fig. 5).

està constituït per arenes grolleres de platja i per còdols de platja de mida mil·limètrica i centimètrica. Els fòssils són molt escassos, emperò s'ha pogut determinar les següents espècies:

*Barbatia barbata*

*Spondylus gaederopus*



Fig. 5. *Iberellus companyonii*, eolianita del Riss, cala Torta (Artà).

**Fig. 5.** *Iberellus companyonii*, Riss aeolianite, cala Torta (Artà).

*Lima lima*

*Patella* sp.

*Theridium rupestre*

*Thais haemastoma*

*Columbella rustica*

*Hinia* sp.

*Conus mediterraneus*

En aquest nivell també s'han observat còdols blanquinosos, procedents d'una platja pleistocena més antiga.

En alguns indrets, a la part més superior d'aquest nivell, a part de mol·luscs marins, també s'han observat mol·luscs terrestres com són *Iberellus companyonii* i *Tudorella ferruginea*

Per l'estratigrafia, el context geomorfològic i la semblança amb altres dipòsits de la zona, el més probable és que el nivell b sigui cronològicament del MIS 5a i l'eolianita basal del MIS 6.

### **Consideracions finals**

Els dipòsits del Pleistocè superior que hi ha al voltants de s'Arenalet d'Albarca i Fontsalada, són importants per les seves dimensions i per presentar una estratigrafia bastant completa del darrer interglacial.

## Agraïments

A la junta directiva de la SHNB per deixar-me consultar la base de dades de col·leccions inventariades del Museu de la Naturalesa de les Illes Balears (MNIB-SHNB). Al Dr. Guillem X. Pons per les interessants suggerències que han fet millorar el manuscrit original.

## Bibliografia

- Aguiló, C. 2011. *La toponímia de la costa d'Artà*. Edicions Documenta Balear. Palma. 382 pp.
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Instituto de Estudios Baleáricos de la Diputación Provincial de Baleares. 304 pp. Palma.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". 420 pp. Palma.
- Cuerda, J. i Galiana, R. 1976. Nuevo yacimiento del Pleistoceno superior marino en la costa Norte de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 21: 115-124.
- Gómez-Pujol, L. 1999. Sedimentología i evolució geomorfològica quaternària del ventall al·luvial des Caló (Betlem, Artà, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 107-124.
- Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J. J., Bover, P., Gómez-Pujol, L., Gràcia, F., Merino, A. & Vicens, D. 2012a. An introduction to the Quaternary of Mallorca. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. i Fornós, J.J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 13-53.
- Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L., Gràcia, F., Merino, A., Onac, B.P., Tuccimei, P. i Vicens, D. 2012b. Upper Pleistocene deposits and karst features in the littoral landscape of Mallorca Island (Western Mediterranean): a field trip. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. i Fornós, J.J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 163-220.
- Morey, B. i Cabanellas M. 2007-2008. Los yacimientos del Pleistoceno marino mallorquín como puntos de control del litoral (estado en que se encuentran y factores que provocan su destrucción). *Territoris*, 7: 69-86.
- Morey, B. 2008a. *El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i conservació*. Memòria d'Investigació. Universitat de les Illes Balears. Departament de Ciències de la Terra. Inèdit. 288 pp.
- Morey, B. 2008b. El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes per a la gestió i conservació. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 227-258.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 77-126.
- Rodríguez-Perea, A. 1998. Ventalls al·luvials i sistemes dunars a Betlem (Artà, Mallorca). In: Fornós J.J. (Ed.). *Aspectes Geològics de les Balears*. Universitat de les illes Balears: 169-189.
- Rose, J., Meng, X. i Watson, C. 1999. Paleoclimate and paleoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain. *Jour. Geol. Soc. London.*, 156: 435-448.
- Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Balears et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la Péninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-341.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Delitala, M.C., Ginés, A., Gràcia, F., Fornós, J.J. i Taddeucci, A. 2006. Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50: 1-21.
- Vicens, D. 2008. Jaciments del Quaternari amb macrofauna marina al litoral de la badia de Pollença (Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 71-102.

- Vicens, D. 2009. Registre paleontològic a jaciments litorals del Pleistocè superior a la península d'Artà: Artà (Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52: 61-80.
- Vicens, D. 2011. Els jaciments del Pleistocè superior amb macrofauna marina situats al litoral entre el cap Pinar i el torrent de na Borges (badia d'Alcúdia, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 47-66.
- Vicens, D. i Gràcia, F. 1988. Nuevo yacimiento del Pleistoceno superior marino en la playa de "Sa Font Salada" (Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32: 33-46.
- Vicens, D. i Gràcia, F. 1990. Nuevo yacimiento del Pleistoceno superior marino en la playa de "Sa Font Salada" (Balears). *II Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears*. UIB i SHNB, 61-62.
- Vicens, D. i Gràcia, F. 1998. Aspectes paleontològics i estratigràfics del Plistocè superior de Mallorca. In: Fornós J. J. (ed). *Aspectes geològics de les Balears*: 191-220. UIB. Palma.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2007. Els mol·luscs terrestres del Pleistocè superior a jaciments costaners de la zona septentrional de Mallorca (Artà, Alcúdia i Pollença). In: Pons, G.X. i Vicens, D. (eds.). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 231-258.
- Vicens, D., Gràcia, F. i Ginés, A. 2012. Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. i Fornós, J.J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 55-84.
- Vicens, D., Pons, G.X, Bover, P. i Gràcia, F. 2001. Els tàxons amb valor biogeogràfic i cronoestratigràfic: bioindicadors climàtics del Quaternari de les Illes Balears. In: Pons, G. X. i Guijarro J. A. (Eds.). *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 121-146.





# Una aproximació a l'explotació dels recursos faunístics a Menorca durant l'edat del Bronze: la naveta de cala Blanca (Ciutadella)

Damià RAMIS i Montserrat ANGLADA

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Ramis, D. i Anglada, M. 2012. Una aproximació a l'explotació dels recursos faunístics a Menorca durant l'edat del Bronze: la naveta de cala Blanca (Ciutadella). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 175-197. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Aquest treball proposa una primera aproximació al coneixement de l'explotació dins l'àmbit domèstic dels recursos animals per part dels habitants menorquins de l'edat del Bronze, la qual es realitza a partir de l'estudi del conjunt faunístic recuperat a la naveta d'habitació de cala Blanca. Aquest jaciment, situat a la costa occidental de Menorca, va ser excavat entre 1986 i 1993, i va oferir una cronologia de mitjans del II mil·lenni cal aC. Les espècies presents són eminentment els mamífers domèstics tradicionals. Entre aquestes, i malgrat el predomini numèric del binomi cabra/ovella, s'ha de remarcar la importància del ramat boví. La comparació amb contextos coetanis de l'illa de Mallorca, especialment el de Canyamel, revela unes semblances marcades. Finalment, s'ha de destacar el conjunt d'utensilis d'os present al jaciment.

***Parsaules clau:*** arqueozoologia, ramaderia, edat del Bronze, Menorca.

AN APPROACH TO THE USE OF FAUNAL RESOURCES IN MENORCA DURING THE BRONZE AGE. This paper proposes a first approach to the knowledge of the domestic exploitation of animal resources by the Menorcan inhabitants of the Bronze Age, which is made through the study of the faunal assemblage recovered in the dwelling naveta of Cala Blanca. This site, located on the west coast of Menorca, was excavated between 1986 and 1993, and offered a chronology of the mid-second millennium cal BC. Nearly all the species identified are the traditional domestic mammals. Among these, despite the numerical dominance of the binomial goat/sheep, we must stress the importance of cattle. Comparison with contemporary contexts of the island of Mallorca, especially the one from Canyamel, reveals some marked similarities. Finally, the bone tool assemblage from this site has to be noted.

***Keywords:*** archaeozoology, animal husbandry, Bronze age, Menorca.

Damià RAMIS, Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB), Margalida Xirgú 16, 07011 Palma (Illes Balears), E-mail: damiarramis@gmail.com; Montserrat ANGLADA, Museu de Menorca, Avinguda Dr. Guàrdia s/n, 07071 Maó (Illes Balears), E-mail: munsanglada@yahoo.com.

Recepció del manuscrit: 6-mar-12; revisió acceptada: 30-des-12

## Introducció i objectius

El coneixement de les dades sobre la composició faunística i la seva gestió i explotació durant l'edat del Bronze té un abast molt desigual a cada una de les illes de les Balears. Així, gran part de la informació disponible prové de Mallorca. Allà es disposa de 9 estudis faunístics de jaciments habitacionals anteriors al I mil·lenni aC (Ramis, 2006).

Per al II mil·lenni aC, Menorca compta actualment amb els estudis faunístics de conjunts recuperats a contextos de caire cerimonial –Cova des Mussol (Montero, 1999a) i Cova des Càrritx (Montero, 1999b)– o funerari –Sant Tomàs (Ramis, 2004) i Son Olivaret (Ramis i Martínez, 2008). No obstant, a l'actualitat no existeix cap estudi vinculat a contextos habitacionals de l'edat del Bronze a aquesta illa. Tots els estudis faunístics a jaciments menorquins corresponen a nivells de la fi de l'edat del Ferro – Ses Talaies de n'Alzina (García, 2004), Talatí de Dalt (Morales, 2005), Biniparratx Petit (Guerrero *et al.*, 2007), Torre d'en Galmés (Pérez-Juez *et al.*, 2007) i Torralba den Salord (Fernández-Miranda, 2009; Fernández-Miranda *et al.*, 1995).

Amb l'estudi de les restes faunístiques recuperades a l'excavació de la naveta d'habitació de cala Blanca es pretén realitzar una primera aproximació al coneixement de la gestió dels recursos animals, a l'àmbit domèstic, a Menorca durant el II mil·lenni aC.

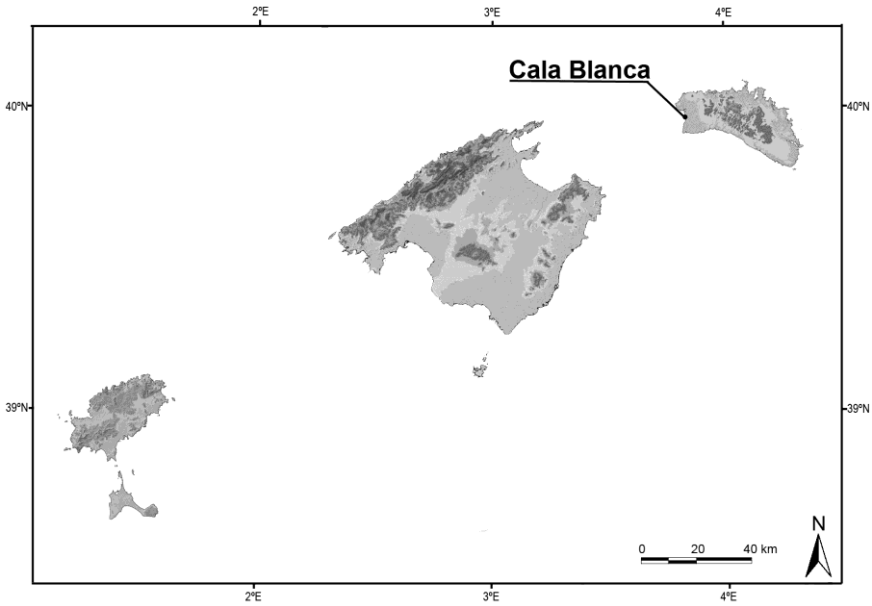
## El jaciment i el seu entorn

El jaciment al qual es refereix el present treball se situa a la costa

occidental del terme municipal de Ciutadella de Menorca (Fig. 1), en les proximitats de la platja de cala Blanca i del petit sistema dunar associat (Fig. 2). La cala té uns 300 m de llargària i uns 150 m d'amplada màxima i es relaciona amb un petit canal (on se situa la naveta) poc profund (només alguns metres sobre el nivell del mar), desenvolupat sobre les calcarenites del Miocè superior que formen la meitat sud de l'illa de Menorca.

La naveta d'habitació de la cala Blanca (Fig. 3) va ser excavada entre els anys 1986 i 1993 per un equip d'arqueòlegs del Museu de Menorca (Juan i Plantalamor, 1997). La seqüència estratigràfica de l'interior de la naveta revela l'existència de dos nivells arqueològics. Segons informacions orals d'un dels directors de les excavacions, totes les restes faunístiques foren recuperades al nivell superior, mentre a l'inferior es documentà una completa absència d'ossos (Lluís Plantalamor, com. pers.). Es varen realitzar dues datacions radiocarbòniques convencionals sobre sengles mostres faunístiques (Taula 1). Els resultats no se solapen i se situen, respectivament, al segon i tercer quart del II mil·lenni aC (Plantalamor i Van Strydonck, 1997).

Per tant, el conjunt faunístic recuperat a l'interior de la naveta de Cala Blanca suposa un material d'estudi de gran potencial per poder realitzar una primera aproximació al coneixement de l'explotació i gestió dels recursos animals a Menorca durant la part central del II mil·lenni aC. D'altra banda, aquest conjunt resulta molt interessant pels instruments d'os que es troben encara pendents de catalogar. Així, a més a més dels tres punxons i l'agulla descrits a la memòria d'excavació (Juan i Plantalamor,



**Fig. 1.** Mapa de les illes Balears amb la localització de la cala Blanca.  
*Fig. 1. Map of the Balearic islands with the location of Cala Blanca.*



**Fig. 2.** Imatge de cala Blanca vista des del jaciment arqueològic.  
*Fig. 2. View of Cala Blanca seen from the archaeological site.*

Context	Mostra	Referència de laboratori	Datació convencional	Resultat calibrat (interval 2σ)
Nivell superior	Ossos	IRPA-1124	3100±40 BP	1450-1250 cal BC
Nivell superior	Ossos	IRPA-1123	3320±40 BP	1740-1510 cal BC

**Taula 1.** Datacions radiocarbòniques disponibles per al jaciment de Cala Blanca.

**Table 1.** Radiocarbon dating from the archaeological site of Cala Blanca.

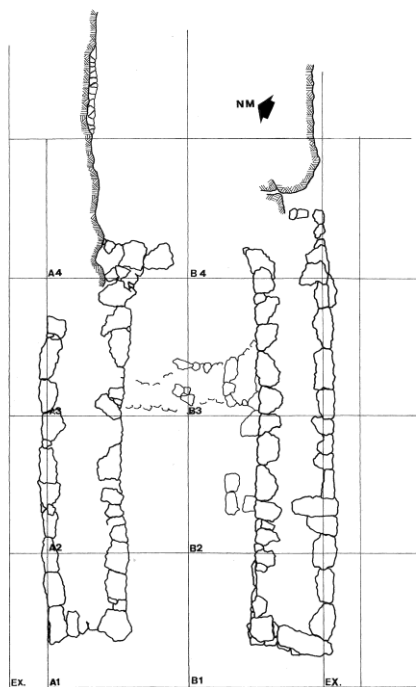
1997), s'ha observat la presència de nombrosos elements d'indústria òssia entre les restes faunístiques.

### Mètode d'estudi

L'anàlisi ha consistit inicialment en la determinació de la part anatòmica de les restes, les quals han estat classificades taxonòmicament fins arribar, en els casos en què ha estat possible, al nivell d'espècie. En aquest procés de classificació s'ha fet servir el material de referència de la col·lecció Museu de la Naturalesa de les Illes Balears (MNIB-SHNB) de la Societat d'Història Natural de les Balears, a més dels manuals osteològics d'Schmid (1972) i Barone (1976). En els casos en què s'ha pogut discriminar entre cabra i ovella, s'han seguit els criteris de Boessneck *et al.* (1964), Boessneck (1980) i Prummel i Frisch (1986). Per a les restes d'aus s'ha consultat el manual de Cohen i Serjeantson (1996).

El càlcul de l'edat dels animals domèstics s'ha realitzat segons dos criteris. En primer lloc s'ha estudiat l'estat de fusió de les epífisis. Donat que l'edat de fusió és molt relativa i molts factors hi poden afectar, s'han adoptat intervals amples a partir dels valors oferits per Schmid (1972), Barone (1976) i Silver (1980). Per una altra banda, també s'ha inferit l'edat de sacrifici del

ramat a partir de l'estat d'erupció i desgast dels molars i premolars de les mandíbules. En el cas dels caprins s'ha seguit la proposta de grups d'edat realitzada per Ewbank *et al.* (1964). Els grups de major edat, definits a partir del grau de desgast del tercer molar inferior, han estat diferenciats a partir dels criteris de Payne



**Fig. 3.** Representació en planta de la naveta de Cala Blanca, segons Juan i Plantalamor (1997).  
**Fig. 3.** Plan of the naveta of Cala Blanca, after Juan and Plantalamor (1997).

(1973). El càlcul de l'edat dels bovins i suïds a partir de dades dentàries es basa en el treball de Pérez Ripoll (1990).

El sexe dels elements analitzats només s'ha pogut determinar en els casos de les canines de porc, per a la qual cosa s'han seguit les indicacions d'Schmid (1972).

En la quantificació dels diferents grups taxonòmics s'han seguit dos mètodes. El primer és el recompte del número de restes (NR) pertanyents a cada un dels grups. El segon és el càlcul del número mínim d'individus (NMI) de cada tàxon, per a la qual cosa s'han seguit els criteris proposats per Bökönyi (1970). En aquest darrer cas, cada un dels tres

conjunts analitzats ha estat considerat per separat.

Les mesures osteològiques han estat preses seguint els criteris de Von den Driesch (1976). Les alçades a la creu s'han calculat a partir dels valors proposats, segons estudis anteriors, per Chaix i Méniel (1996).

Pel que fa als aspectes tafonòmics, s'ha seguit el treball de Pérez Ripoll (1992) per a les marques i fractures. La interpretació dels diferents tipus de marques a les restes de fauna domèstica s'ha fet a partir de Saña (1999). Les alteracions tèrmiques a la superfície dels ossos ha estat analitzada a partir de

<b>TAXONS</b>	<b>NR</b>	<b>NMI</b>
Caprí domèstic (total)	812	37
<i>Capra hircus</i>	(52)	(8)
<i>Ovis aries</i>	(76)	(14)
<i>Bos taurus</i>	468	9
<i>Sus domesticus</i>	90	5
<i>Equus sp.</i>	1	1
<b>TOTAL FAUNA DOMÈSTICA</b>	<b>1371</b>	<b>52</b>
Phalacrocorax aristotelis	6	1
<b>TOTAL FAUNA SILVESTRE</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL RESTES DETERMINADES</b>	<b>1377</b>	
Mamífer no determinat de mida gran	349	
Mamífer no determinat de mida mitjana	413	
<b>TOTAL RESTES NO DETERMINADES</b>	<b>762</b>	<b>15</b>
		<b>(10)</b>
<b>MOL-LUSCS MARINS</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<i>Ossilinus turbinatus / Monodonta turbinata</i>	(10)	(10)
<i>Spondylus gaederopus</i>	(3)	(3)
<i>Patella sp.</i>	(2)	(2)

**Taula 2.** Quantificació de les restes faunístiques recuperades al jaciment de Cala Blanca, per grups taxonòmics identificats.

**Table 2.** Absolute quantification of faunal remains from the archaeological site of Cala Blanca, by taxonomic groups identified.

	NR	% NR	NMI	% NMI
Caprí domèstic (total)	812	59,3	37	72,5
Boví ( <i>Bos taurus</i> )	468	34,2	9	17,6
Suid ( <i>Sus domesticus</i> )	90	6,6	5	9,8
<b>TOTAL</b>	<b>1370</b>	<b>100</b>	<b>51</b>	<b>100</b>

**Taula 3.** Distribució absoluta i relativa dels tres grups ramaders presents a la naveta de la cala Blanca; expressada en número de restes (NR) i en número mínim d'individus (NMI).

**Table 3.** Absolute and relative distribution of the three livestock taxa present at Canyamel: sheep/goat, cattle and pig; expressed in number of identified specimens (NR) and minimum number of individuals (NMI).

critèris de color, segons el treball d'Albizuri *et al.* (1993).

### Identificació taxonòmica

El conjunt analitzat està format per 2139 restes òssies. D'elles, 1377 han pogut ser identificades taxonòmicament a nivell de família, gènere o espècie. Això suposa el 64,4 % del total. A més dels ossos, el conjunt també el formen 15 mol·luscs d'origen marí, amb la qual cosa el total de restes faunístiques analitzades és de 2154.

La varietat faunística documentada és molt reduïda (Taula 2). El conjunt està format bàsicament pels mamífers domèstics característics de l'edat del Bronze a la Mediterrània. Es tracta de l'ovella (*Ovis aries*), la cabra (*Capra hircus*), la vaca (*Bos taurus*) i el suid (*Sus domesticus*). La distribució relativa dels grups ramaders (Taula 3) indica el predomini dels caprins, seguida dels bovins, mentre el porc se situa com l'espècie menys representada.

D'altra banda, s'ha identificat un únic fragment d'èquid (no s'ha pogut establir si es tracta de cavall o ase). Aquesta resta, un fragment distal de tibia, s'ha considerat com un element intrusiu dins el conjunt faunístic i restarà exclòs de

l'anàlisi dels resultats que es presenta a continuació. Resulta interessant ressaltar que es tracta de l'únic element clarament anacrònic del conjunt estudiat. Tots els altres tàxons introduïts a les Balears a partir del I mil·lenni aC són totalment absents al conjunt faunístic de la naveta de Cala Blanca. Aquest és també un bon indicatiu de la fiabilitat cronològica i cultural de les restes òssies analitzades al present estudi.

Pel que fa a la fauna silvestre, la seva representació al jaciment és mínima. Així, les restes òssies mostren únicament la presència d'una au marina, el corb marí (*Phalacrocorax aristotelis*).

Finalment, el petit conjunt de mol·luscs marins està ingrat per tres tàxons: el caragol de la mar (*Ossilinus turbinatus*), l'ostra vermella (*Spondylus gaederopus*) i la pegellida (*Patella* sp.).

### Anàlisi per grups taxonòmics

#### a) Caprins

El grup faunístic més representat a partir de l'estudi és el dels caprins, amb 812 restes de les 1371 identificades com a pertanyents a espècies domèstiques. Això suposa que la cabra i l'ovella sumen el 59,3 % de la fauna domèstica en número de restes. El càlcul del número mínim d'individus s'ha realitzat combinant

l'element més representat —32 mandíbules dretes en aquest cas— amb les dades derivades de l'edat dels animals i que es presenten a continuació. El resultat és la presència d'almenys 37 exemplars dins el ramat caprí, el 72,5 % de la fauna domèstica a partir d'aquest altre mètode de quantificació.

La determinació dels caprins a nivell d'espècie s'ha realitzat per a 128 restes (76 de cabra i 52 d'ovella). Aquestes dades corresponen a un mínim de 22 individus. És a dir, a partir del metàpodes s'ha pogut determinar la presència d'un mínim de 14 ovelles (metacarp proximal dret) i 8 cabres (metatars proximal esquerre). Això significa un predomini de l'ovella sobre la cabra, amb percentatges de la primera del 59,4 i del 63,6 %, en número de restes i en número mínim d'individus respectivament.

L'existència d'una àmplia sèrie de mandíbules, pertanyents a un mínim de

35 individus, ha permès obtenir una informació bastant precisa sobre l'edat de sacrifici dels caprins. A partir de les dades dentàries no hi ha individus d'edat inferior als 9 mesos. No obstant, l'estat de fusió de les epífisis indica la presència d'almenys 2 exemplars infantils (Taula 4).

Per tant, als 35 individus calculats a partir de les dents s'hi han d'afegir aquests altres dos, amb la qual cosa el número mínim d'individus resultant és de 37 exemplars (Taula 5).

L'ovella ha oferit una sèrie abundant de 18 ossos als quals s'ha pogut mesurar la longitud. A partir d'aquestes dades s'ha obtingut una alçada a la creu per a aquesta espècie de 49,6 cm (SD=3,2). Mentre, la mida de les cabres és superior en uns 10 cm, ja que se situa en una mitjana de 59,9 cm (SD=1,9) a partir dels 4 ossos d'aquesta espècie que han pogut ser mesurats (Taula 6).

		Edat (mesos)		FUS	NO FUS	% FUS
HÚMER	Epífisi distal	>3	<10	54 (31)	2 (1)	96,4 (96,9)
RADI	Epífisi proximal	>3	<10	33 (20)	3 (2)	91,7 (90,9)
ESCÀPOLA	Tub. bicipital	>6	<8	14 (7)	1	93,3 (87,5)
FALANGE 1	Epífisi proximal	>6	<16	4	0	100
TÍBIA	Epífisi distal	>12	<24	30 (19)	12 (6)	71,4 (76)
METACARP	Epífisi distal	>16	<24	12 (6)	15 (8)	44,4 (42,9)
METATARS	Epífisi distal	>16	<28	14 (8)	11 (8)	56 (50)
METÀPODE	Epífisi distal	>16	<28	5 (3)	8 (5)	38,5 (37,5)
FÈMUR	Epífisi distal	>18	<42	2 (1)	6 (4)	25 (20)
FÈMUR	Epífisi proximal	>20	<42	5 (3)	8 (5)	38,5 (37,5)
TÍBIA	Epífisi proximal	>20	<42	2 (1)	5 (4)	28,6 (20)
RADI	Epífisi distal	>23	<42	15 (8)	13 (10)	53,6 (44,4)
HÚMER	Epífisi proximal	>25	<42	3 (3)	2 (1)	60 (75)
ULNA	Epífisi proximal	>25	<42	3 (2)	7 (5)	30 (28,6)
CALCANI	Tuberositat	>30	<36	2 (2)	1	66,7 (66,7)
VÈRTEBRA	Epíf. cos vert.	>48	<60	3	11	21,4

**Taula 4.** Estat de fusió de les epífisis dels caprins de la naveta de cala Blanca. Els resultats s'expressen en número de restes i en número mínim d'individus (entre parèntesis).

**Table 4.** Epiphyseal fusion of caprines from the naveta of Cala Blanca. The results are expressed as number of identified specimens and minimum number of individuals (in brackets).

Grup	Edat (mesos)	NMI	%
I - II	< 10	2	5,4
III	De 9 a 16	5	13,5
IV	De 16 a 24	8	21,6
V	> 24	14	37,8
VI - VII	Adults - Vells	8	21,6
<b>Total</b>		<b>33</b>	<b>100</b>

**Taula 5.** Edats de sacrifici dels caprins a partir de la combinació de les dades dentàries i de fusió de les epífisis, calculades a partir del número mínim d'individus.

**Table 5.** *Slaughter ages of caprines from the naveta of Cala Blanca combining dental and epiphyseal data, expressed as minimum number of individuals.*

#### b) Bovins

El boví és el segon grup domèstic més representat, amb 468 restes que suposen un 34,2 % del total. El número mínim d'individus d'aquesta espècie és de 9, obtingut a partir dels metatarsos i els radis proximals esquerres, que són els elements més representats al conjunt. Segons aquest mètode de quantificació, la presència del bou assoleix el 17,6 % de la fauna domèstica.

Les edats dels animals són molt males de precisar a causa d'una informació molt fragmentària pel que fa a les dents de boví. A partir de les mandíbules i els molars s'infereix la presència de dos individus situats dins el grup IV d'edat (27-30 mesos), un adult madur i un altre adult vell o senil. També és simptomàtic el fet que s'hagi inventariat tan sols un premolar de llet. Per tant, es pot pensar que el sacrifici de vedells és molt escàs.

Des del punt de vista de les epífisis (Taula 7), s'observa com es troben fusionades totes aquelles que ho fan abans

dels 24 mesos. Hi ha un mínim de 7 individus amb una edat superior als dos anys. En canvi, la proporció minva a partir d'aquesta edat, encara que el número mínim d'individus és molt baix per a aquests altres centres de fusió més tardana. Dins la manca de concreció, resulta interessant introduir el fet que els centres d'ossificació més tardans del boví —les epífisis del cos vertebral— es troben majoritàriament sense fusionar.

Així, d'acord amb aquestes dades, es pot plantejar que una part important del ramat boví se sacrifica majoritàriament en un estadi de subadults i adults joves, és a dir en el període òptim d'aprofitament de la carn.

D'altra banda, hi ha dades de la presència d'individus d'edat molt més avançada. Per tant, globalment —i amb tota la inseguretats derivada de la imprecisió de les dades— es pot parlar d'un aprofitament mixt del boví. La cria combinaria els objectius de l'explotació dels productes primaris, derivats del sacrifici, amb la conservació d'una part del ramat fins a edat madura per a l'aprofitament dels recursos aportats en vida, com la llet o la força de tracció.

Únicament ha estat possible calcular l'alçada a la creu a partir de dos ossos de bou (Taula 8). Els valors obtinguts —86,6 i 88,2 cm— són molt semblants. A partir d'aquests resultats, la mitjana d'alçada a la creu per als bovins de Cala Blanca és de 87,4 cm (SD=1,1).

#### c) Suids

El grup domèstic minoritari és el dels suids, representat per 90 restes identificades que suposen el 6,6 % de la fauna domèstica. El número mínim d'exemplars és de 5, inferit a partir del mateix número d'húmers distals drets.



Això suposa que el porc representa un 9,8 % de la fauna domèstica pel que fa al número mínim d'individus. Pel que fa al sexe només s'ha pogut establir, a partir de les canines, la presència de 2 mascles.

El càlcul de l'edat de sacrifici dels porcs és molt imprecís a causa de la limitada informació disponible, tant pel que fa a les dades dentàries com a les de fusió de les epífisis. A partir de l'estat d'erupció i desgast dels molars únicament s'ha pogut inferir la presència d'un individu d'entre 5 i 10 mesos d'edat. Pel

que fa a l'estat de les epífisis (Taula 9), s'observa com la majoria de les que ossifiquen abans dels 24 mesos es troben saldades. I, en canvi, les que fusionen després d'aquesta edat es troben encara sense saldar. Per tant, globalment, es pot plantejar que un individu hauria estat sacrificat durant el primer any de vida i un altre hauria sobreviscut fins al voltant dels 4 anys. Però la majoria dels exemplars haurien estat sacrificats al llarg del segon any de vida.

S'ha pogut calcular l'alçada de dos

Os	Costat	Longitud (mm)	Alçada a la creu (cm)
<b><i>Ovis aries</i></b>			
Metatars	D	107,0	48,6
Metacarp	D	96,1	47,0
Metacarp	E	102,0	49,9
Radi	E	126,8	51,0
Metacarp	E	104,8	51,3
Metatars	D	110,2	50,0
Calcani	E	42,4	48,3
Húmer	E	109,9	47,0
Metatars	D	108,4	49,2
Metacarp	E	104,8	51,2
Metatars	D	126,4	57,4
Metatars	D	103,3	46,9
Metacarp	E	96,9	47,4
Metatars	E	105,9	48,1
Metatars	E	97,3	44,2
Calcani	D	45,2	51,5
Metatars	D	122,4	55,6
Radi	E	118,6	47,7
<b>Mitjana (<i>Ovis aries</i>)</b>			<b>49,6 ± 3,2</b>
<b><i>Capra hircus</i></b>			
Metatars	E	112,5	60,1
Radi	E	146,0	58,1
Metacarp	D	102,4	58,9
Metacarp	D	108,6	62,4
<b>Mitjana (<i>Capra hircus</i>)</b>			<b>59,9 ± 1,9</b>

**Taula 6.** Mesures d'alçada a la creu per als ossos d'ovella (*Ovis aries*) i cabra (*Capra hircus*) del jaciment de cala Blanca.

**Table 6.** Height at the withers for sheep (*Ovis aries*) and goat (*Capra hircus*) bones from the site of Cala Blanca.

		Edat (mesos)		FUS	NO FUS	% FUS
ESCAPOLA	Tub. bicipital	>7	<10	9 (5)	0	100
HÚMER	Epífisi distal	>12	<20	11 (6)	0	100
RADI	Epífisi proximal	>12	<18	14 (9)	0	100
FALANGE 2	Epífisi proximal	>15	<24	5	0	100
FALANGE 1	Epífisi proximal	>18	<24	11	0	100
METACARP	Epífisi distal	>24	<30	3 (2)	2 (1)	60 (66,7)
TÍBIA	Epífisi distal	>24	<30	12 (7)	2 (1)	85,7 (87,5)
METATARS	Epífisi distal	>24	<36	2 (1)	1	66,7 (50)
METÀPODE	Epífisi distal	>24	<36	3 (2)	3 (2)	50 (50)
CALCANI	Tuberositat	>27	<36	1	3 (2)	25 (66,7)
FÈMUR	Epífisi proximal	>36	<42	2 (1)	3 (2)	40 (33,3)
RADI	Epífisi distal	>40	<48	3 (2)	0	100
FÈMUR	Epífisi distal	>42	<48	0	1	0
TÍBIA	Epífisi proximal	>42	<48	1	3 (2)	25 (33,3)
HÚMER	Epífisi proximal	>42	<48	1	0	100
ULNA	Epífisi proximal	>42	<48	3 (2)	3 (2)	50 (50)
VÈRTEBRA	Epíf. cos vert.	>54	<108	2	20	9,1

**Taula 7.** Estat de fusió de les epífisis dels bovins de la naveta de cala Blanca. Els resultats s'expressen en número de restes i en número mínim d'individus (entre parèntesis).

**Table 7.** Epiphyseal fusion of cattle from the naveta of Cala Blanca. The results are expressed as number of identified specimens and minimum number of individuals (in brackets).

Os	Costat	Longitud (mm)	Alçada a la creu (cm)
Radi	E	205	88,2
Tíbia	D	251	86,6

**Taula 8.** Càlcul de l'alçada a la creu a partir dels ossos de bou que s'han pogut mesurar al jaciment de la cala Blanca.

**Table 8.** Height at the withers for cattle bones from the site of Cala Blanca.

exemplars porcins. La variabilitat és molt àmplia ja que els valors són de 63,1 i 76,5 cm per a cada un dels individus (Taula 10). A partir d'aquests dos valors s'estableix una mitjana d'alçada a la creu dels porcs de 69,8 cm (SD=9,5).

d) Aus

Al marge de la fauna domèstica, l'única espècie de vertebrat identificada al jaciment és el corb marí (*Phalacrocorax aristotelis*). Està representat per 6 restes, totes elles pertanyents a les extremitats superior —escàpola, húmer, ulna— i

inferior —fèmur i tibiotars (2). Tots aquests ossos poden pertànyer a un únic individu.

### Representació de les parts anatòmiques i aproximació tafonòmica

La representació de les parts anatòmiques dels principals grups taxonòmics (Taula 11) dona a conèixer alguns aspectes interessants sobre la naturalesa del conjunt. Així, el principal element a destacar és l'absència o la baixa represen-

		Edat (mesos)		FUS	NO FUS	% FUS
ESCÀPOLA	Tub. bicipital	>12	<12	4 (2)	1	80 (66,7)
RADI	Epífisi proximal	>12	<12	1	2 (1)	33,3 (50)
HÚMER	Epífisi distal	>12	<18	6 (3)	1	85,7 (75)
FALANGE 1	Epífisi proximal	>12	<24	2 (1)	1	66,7 (50)
FALANGE 2	Epífisi proximal	>12	<24	-	-	-
TÍBIA	Epífisi distal	>24	<24	1	1	50
METACARP	Epífisi distal	>24	<24	2 (1)	5 (3)	28,6 (25)
METATARS	Epífisi distal	>24	<27	-	-	-
METÀPODE	Epífisi distal	>24	<27	-	-	-
CALCANI	Tuberositat	>24	<30	0	1	0
RADI	Epífisi distal	>36	<42	0	3 (2)	0
FÈMUR	Epífisi proximal	>36	<42	0	2 (2)	0
ULNA	Epífisi proximal	>36	<42	0	2	0
ULNA	Epífisi distal	>36	<42	-	-	-
FÈMUR	Epífisi distal	>42	<42	1	3 (2)	25 (33,3)
HÚMER	Epífisi proximal	>42	<42	0	2 (2)	0
TIBIA	Epífisi proximal	>42	<42	1	1	50
VÈRTEBRA	Epíf. cos vert.	>48	<72	0	2	0

**Taula 9.** Edats de sacrifici dels suïds de cala Blanca a partir de la fusió de les epífisis. Els resultats s'expressen en número de restes y en número mínim d'individus (entre parèntesis).

**Table 9.** Epiphyseal fusion of swine from the naveta of Cala Blanca. The results are expressed as number of identified specimens and minimum number of individuals (in brackets).

Os	Costat	Longitud (mm)	Alçada a la creu (cm)
Metacarp IV	D	72,6	76,5
Tíbia	D	161,0	63,1

**Taula 10.** Longitud dels ossos complets de porc de Cala Blanca i alçada a la creu.

**Table 10.** Height at the withers for swine bones from the site of Cala Blanca

tació dels ossos de mida reduïda. A més, aquesta infrarrepresentació és més accentuada a les espècies on els ossos són menors. Mentre, en el cas del boví, la seva presència continua assolint valors moderats. És, per exemple, el cas de les falanges, dels ossos del carp i del tars o de les peces dentàries aïllades. Aquest fet fa pensar en una recollida molt selectiva de les restes òssies durant l'excavació. Aquesta interpretació es veu reforçada en tenir en compte que les restes no determinades formen tan sols el 35,6 %

del conjunt analitzat. A més, un 45,8 % d'aquestes restes són de macrofauna. En definitiva, les dades indiquen que s'ha produït una pèrdua significativa de restes faunístiques de petita mida.

Al marge de la possible incidència del sistema de recollida durant l'excavació, la distribució de les parts anatòmiques de la fauna domèstica pot oferir informació sobre el procés tafonòmic de formació del conjunt. Així, en casos ideals es podria arribar a deduir si un conjunt és producte d'un o més dels següents processos: el

procés de carnisseria, el cuinat de l'aliment o l'abocament de les despulles posteriors al consum de la carn (Halstead *et al.*, 1978). En general, al conjunt

analitzat s'han documentat les parts esquelètiques que se solen relacionar amb tots aquests processos, des de les que presenten un rendiment càrnic nul i es

	Caprinae (total)		<i>B. taurus</i>		<i>S. domesticus</i>	
	NR	%	NR	NR	%	NR
Crani	31	3,8	1	0,2	10	11,1
Banya	15	1,8	-	-	-	-
Mandíbula	97	11,9	25	5,3	6	6,7
Dents	25	3,1	26	5,6	6	6,7
Hioïdes	-	-	2	0,4	-	-
Atlas	3	0,4	1	0,2	-	-
Axis	4	0,5	2	0,4	-	-
Vèrtebra cervical	5	0,6	9	1,9	1	1,1
Vèrtebra toràcica	16	2,0	12	2,6	1	1,1
Vèrtebra lumbar	6	0,7	17	3,6	2	2,2
Vèrtebra caudal	-	-	-	-	-	-
Vèrtebra sacra	-	-	-	-	-	-
Vèrtebra (no det.)	5	0,6	12	2,6	2	2,2
Costella	90	11,1	108	23,1	6	6,7
Esternel·la	1	0,1	-	-	-	-
Escàpola	33	4,1	31	6,6	7	-
Húmer	70	8,6	21	4,5	11	12,2
Radi	78	9,6	24	5,1	5	5,6
Ulna	13	1,6	16	3,4	3	3,3
Carpia	-	-	3	0,6	-	-
Metacarp	64	7,9	19	4,1	8	8,9
Pelvis	84	10,3	16	3,4	6	6,7
Fémur	28	3,4	11	2,4	5	5,6
Tíbia	85	10,5	29	6,2	2	2,2
Ròtula	-	-	-	-	-	-
Fíbula	-	-	-	-	3	3,3
Astràgal	1	0,1	5	1,1	-	-
Calcani	4	0,5	11	2,4	1	1,1
Tarsia	-	-	3	0,6	-	-
Metatars	50	6,2	31	6,6	-	-
Metàpode	-	-	7	1,5	2	2,2
Falange I	4	0,5	13	2,8	3	3,3
Falange II	-	-	6	1,3	-	-
Falange III	-	-	7	1,5	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>812</b>	<b>100</b>	<b>468</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>100</b>

**Taula 11.** Freqüències de les parts esquelètiques dels mamífers domèstics més abundants presents al conjunt faunístic de la Cala Blanca, expressades en número de restes.

**Table 11.** Frequencies of skeletal parts of domestic mammals present at the site of Cala Blanca, expressed in number of identified specimens.

rebutgen inicialment fins aquelles que s'associen als millors talls de consum.

Únicament es pot ressaltar la gran escassetesa de restes de crani de boví. La mida gran dels fragments que genera (així com les banyes) fa que s'hagi de desestimar el procés de recol·lecció com a motiu. A més, la presència de molars superiors de boví indica que el crani arribava a l'interior de la naveta. Aquest és un fet que ja s'havia documentat a la naveta de Canyamel i allà es va interpretar que els cranis de boví es retiraven periòdicament de l'habitatge com a mesura de neteja o bé per altres motius que se'ns escapen (Ramis, 2006; 2011).

D'altra banda, per tal de completar l'aproximació al procés de formació del dipòsit faunístic, s'han analitzat les dades referents a les alteracions tèrmiques i a les marques antròpiques documentades als fragments ossis determinats. Únicament 58 restes presenten evidències d'exposició al foc. Això suposa un 4,2 % del total de restes òssies determinades. Aquests fragments ossis s'han dividit segons la coloració dominant a la seva superfície. Els indicis de calcinació, amb tonalitats grises i blanques, només són presents a 13 de les restes. En canvi, predominen els fragments amb tonalitat marró i/o negra. Aquest fet indica una exposició limitada dels ossos al foc, cosa que s'adiu més aviat amb el procés de preparació d'aliments.

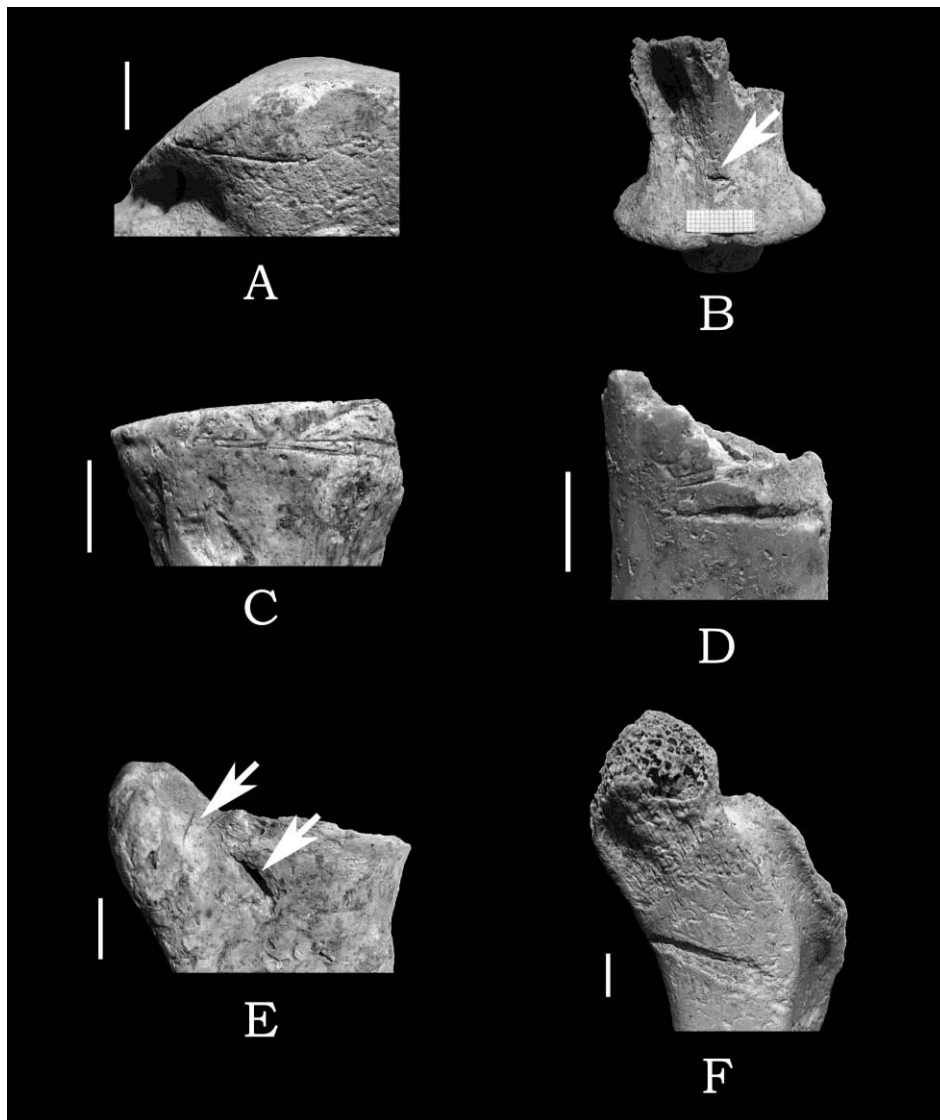
Així, l'abocament o l'exposició perllongada de despulles òssies al foc, cosa que tendria a provocar un major grau de calcinació, té un paper limitat a la naveta de la cala Blanca.

En general, la superfície dels ossos es troba molt erosionada a causa del tipus de substrat del jaciment. Per tant, en conjunt,

les marques detectades són molt escasses. Deixant de banda els exemplars d'indústria òssia —que seran analitzats a un apartat posterior—, tan sols s'han identificat marques de talls a 22 restes, que es distribueixen entre caprí i boví (Fig. 4). Aquesta xifra suposa que únicament es documenten marques de carnisseria a un 1,6 % dels ossos determinats.

Les restes de caprí on s'han observat marques són 13. En 4 casos es tracta de la base de la banya. Tres d'ells són banyes tallades a la base i el restant són marques basals a les cares medial i lateral. A 3 húmeros s'han observat marques transversals a la zona medial de la diàfisi. També hi ha marques a 2 vèrtebres cervicals, a la part distal de 2 escapoles, a una pelvis (a la zona acetabular) i a la part medial d'un metacarp de cabra.

Als ossos de boví les marques són presents a 9 casos. Es tracta de dues vèrtebres lumbars (una d'elles seccionada longitudinalment), un os del tars, la zona vertebral d'una costella i un hioides. A més, als ossos llargs, les marques són presents a un cap de fèmur, una escàpula (a la zona distal de l'apòfisi) i la zona medial d'un húmer i també d'un metatars. En conjunt, les marques es poden relacionar clarament amb el procés de carnisseria dels animals, però no és possible realitzar una reconstrucció detallada d'aquesta feina. Així, les marques a les banyes, als metapodis i als ossos del tars poden relacionar-se amb l'extracció de la pell. Els talls al cap del fèmur i a l'acetàbul de la pelvis de fet són producte del procés de desarticulació o desmembrat. A grans trets, les marques als altres ossos poden haver estat causades durant l'extracció de la carn, o del teixit medullar a les vèrtebres.



**Fig. 4.** Mostra de marques de carnisseria. A, Húmer de boví (CBL/86/1). B, Axis de caprí (CBL/86/270). C, Metacarp de cabra (CBL/86/630). D, Hioides de boví (CBL/86/1145). E, Escàpola de caprí (CBL/86/550). F, Costella de boví (CBL/86/531) (Escala 5 mm).

**Fig. 4.** Sample of cutmarks. A, Cattle humerus (CBL/86/1). B, Caprine axis (CBL/86/270). C, Goat metacarpal (CBL/86/630). D, Cattle hyoid (CBL/86/1145). E, Caprine scapula (CBL/86/550). F, Cattle rib (CBL/86/531) (Scale bars 5 mm).

## Distribució espacial de les restes

La pràctica totalitat de les restes faunístiques analitzades es trobava assignada a un dels 8 quadres de 4 m de costat en què es va dividir espacialment l'excavació. Donat que els quadres s'establiren a partir de l'eix longitudinal que creua la naveta pel seu centre, l'espai interior queda dividit en 8 àrees d'unes dimensions semblants (Fig. 3).

La principal dada és que les restes faunístiques no es concentren a l'entrada de la naveta (quadres A1 i B1), sinó a la part central (Taula 12). Així, és als segments transversals A2-B2 i A3-B3 on s'acumula la major part dels ossos, 796 i 672 respectivament. El segment A1-B1, on se situa l'entrada de la naveta, conté 404 restes. I el rectangle format pels quadres de la zona absidal A4-B4 només va proporcionar 224 restes. D'altra banda, longitudinalment es podria suggerir un diferent ús de l'espai a les franges nord i

sud de la naveta. A les quadrícules B1 a B4, ubicades a la meitat sud de la construcció, es concentra el 69,5 % del total de les restes faunístiques recuperades.

## Indústria òssia

L'estudi faunístic ha permès localitzar una sèrie d'elements d'indústria òssia, fins ara inèdits. L'interès per aquest material ossi rau en el nou testimoni que ofereix, donada la seva presència i relativa abundància en el conjunt del jaciment, motivant-ne el seu registre i anàlisi descriptiva. Igualment, l'estat de conservació de les peces recuperades ha suscitat la seva restauració i consolidació per tal de frenar el seu procés de deteriorament.

A aquest lot de peces cal afegir-hi tres punxons i una agulla d'os (Figs. 5 i 6), exposats actualment al Museu de

Quadre	No determinades			Determinades			Total		
	ME	MA	TOT	ME	MA	TOT	ME	MA	TOT
A1	30	20	<b>50</b>	31	18	<b>49</b>	61	38	<b>99</b>
B1	44	28	<b>72</b>	185	48	<b>233</b>	229	76	<b>305</b>
A2	36	54	<b>90</b>	138	81	<b>219</b>	174	135	<b>309</b>
B2	124	88	<b>212</b>	178	97	<b>275</b>	302	185	<b>487</b>
A3	34	17	<b>51</b>	87	47	<b>134</b>	121	64	<b>185</b>
B3	107	96	<b>203</b>	194	115	<b>311</b>	301	211	<b>512</b>
A4	17	11	<b>28</b>	20	5	<b>25</b>	37	16	<b>53</b>
B4	16	30	<b>46</b>	69	56	<b>125</b>	85	86	<b>171</b>
Total	<b>408</b>	<b>344</b>	<b>752</b>	<b>902</b>	<b>467</b>	<b>1369</b>	<b>1310</b>	<b>811</b>	<b>2121</b>
Sense quad.	5	5	<b>10</b>	6	2	<b>8</b>	11	7	<b>18</b>
Total	<b>413</b>	<b>349</b>	<b>762</b>	<b>908</b>	<b>469</b>	<b>1377</b>	<b>1321</b>	<b>818</b>	<b>2139</b>

**Taula 12.** Distribució espacial de les restes òssies als quadres de divisió de la naveta de Cala Blanca (ME=Mamífer de mida mitjana; MA=Mamífer de mida gran).

**Table 12.** Spatial distribution of bone remains according to the squares established during the excavation of the naveta of Cala Blanca (ME=Middle-sized mammal; MA=Large mammal).

Menorca i publicats en la memòria d'excavació de la naveta de Cala Blanca, on els autors els associen al material ceràmic pretalaiòtic (Juan i Plantalamor, 1997). Aquests materials, també seran inclosos en aquest registre com a part d'aquest conjunt.

En total el conjunt d'indústria òssia analitzat està format per 15 objectes que, segons la seva forma i possible funció (Vento, 1985) es poden dividir, en quatre grups tipològics conformats per: 11 punxons, 2 espàtules, una agulla i un penjoll (Figs. 5 a 10).

La indústria òssia de la cala Blanca es troba dominada pels punxons. Aquests són objectes que presenten un extrem apuntat i, en alguns casos, l'extrem contrari —destinat a l'emmanegament— també es troba treballat. A una part dels exemplars resulta evident la seva exposició al foc, que probablement tendria per objecte l'enduriment del teixit ossi per fer-lo més resistent. S'observa la tendència clara a seleccionar ossos llargs de bou com a suport per elaborar aquests instruments. Encara que també hi ha diversos exemplars fabricats sobre tibia de caprí, un os de parets relativament gruixades i, per tant, adequat per servir com a suport d'aquests utensilis de treball. El punxó és el més freqüent entre els instruments d'os de la prehistòria de les illes Balears. D'acord amb els estudis etnològics i d'arqueologia experimental fets sobre objectes semblants d'altres regions (Sidéra i Legrand, 2006; Buc, 2010; 2011), la seva funció podria estar relacionada amb el treball de la pell i/o amb la cistelleria. També s'ha documentat l'ús de punxons d'os en feines de teixit i en la realització d'empelts.

L'agulla amb ull suposa un exemplar molt singular, sense paral·lels coneguts a

les Balears amb una cronologia tan antiga. De manera semblant, les dues espàtules elaborades sobre escàpula de boví defineixen una tipologia que, a diferència dels punxons, es troba molt poc descrita a l'edat del Bronze de les Balears. Aquests dos objectes s'han agrupat a partir de la definició d'espàtula establerta per Cantarellas (1974) i que posteriorment recullen Belenguer i Matas (2005), tot i no atribuir-li a aquesta tipologia cap funcionalitat concreta.

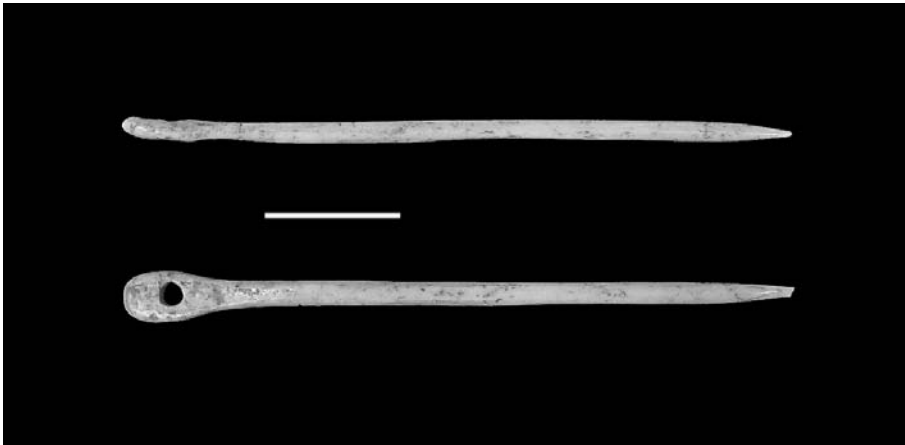
Finalment, s'ha d'esmentar la presència d'un penjoll molt senzill realitzat a partir d'una closca de pegellida (*Patella* sp.), la qual presenta un forat central de tendència circular amb el caire erosionat per abrasió.

### **Discussió i consideracions finals**

L'abundant acumulació de restes faunístiques a l'interior de la naveta de cala Blanca es pot interpretar de manera lògica com a producte de l'activitat domèstica. D'igual manera, el conjunt documentat d'instruments d'os es poden relacionar amb les tasques de treball del grup humà que habità l'estructura de la cala Blanca. Es pot esmentar que durant les excavacions ja es varen recuperar fragments de vasos de reducció al jaciment, cosa que testimonia la pràctica d'activitats metal·lúrgiques. En definitiva, sembla que a la naveta de la cala Blanca es documenta la presència d'un grup humà que s'organitza en gran mesura de manera autosuficient. Així, el jaciment mostra la pràctica d'una àmplia gamma d'activitats de subsistència i de producció de béns.

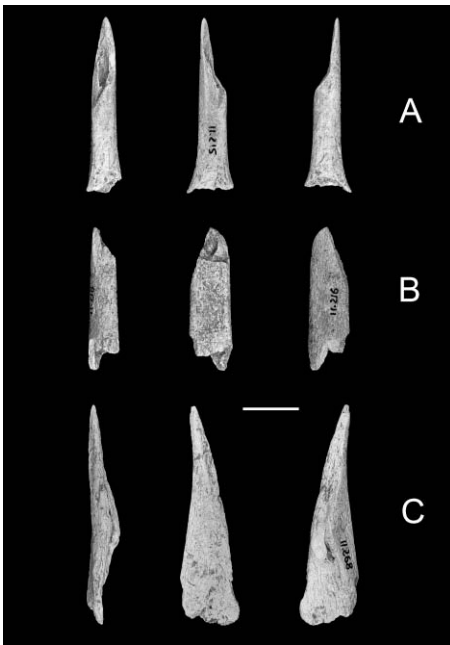
Pel que fa a l'explotació dels recursos animals, l'estudi aquí presentat mostra





**Fig. 5.** Agulla d'os de la naveta de la cala Blanca. (Escala 20 mm).

**Fig. 5.** Bone needle from the naveta of Cala Blanca (Scale bar 20 mm).



**Fig. 6.** Els tres punxons d'os identificats a l'excavació de la cala Blanca (Escala 20 mm).

**Fig. 6.** The three identified bone awls identified during the excavation of the naveta of Cala Blanca (Scale bar 20 mm).

que aquesta estratègia es basa eminentment en la cria d'animals domèstics. Únicament la presència testimonial d'algunes restes documenten un aprofitament molt marginal dels recursos silvestres d'origen marí, com les aus marines i els gasteròpodes marins. S'ha de destacar que, malgrat el jaciment es troba a la costa i a una cala fàcilment accessible per mar, no s'ha identificat cap resta de peixos ni evidència que es pugui relacionar amb la pesca.

La ramaderia està dominada pels caprins, amb una presència relativament equilibrada de cabres i ovelles. El segon grup en importància és el dels bovins, encara que el bou seria l'espècie més important en l'alimentació per la seva aportació càrnia potencial. Tanmateix, les edats de sacrifici indiquen una explotació mixta tant dels caprins com dels bovins. No es detecta una especialització en la cria, orientada bé cap a la producció de carn o bé cap a l'aprofitament dels productes derivats. Sembla que s'aprofiten ambdós tipus de recursos però sense



**Fig. 7.** A: Punxó elaborat sobre ulna de boví (CBL/86/336). B: Punxó elaborat sobre metatars de boví (CBL/86/142) (Escala 20 mm).

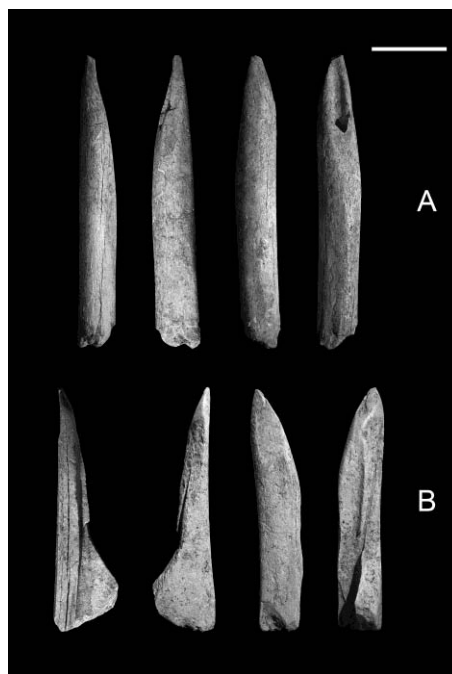
**Fig. 7.** A: Awl made on a cattle ulna (CBL/86/336). B: Awl made on a cattle metatarsus (CBL/86/142) (Scale bar 20 mm).

prioritzar els rendiments òptims. És a dir, els animals no són sacrificats al moment òptim de creixement ni tampoc hi ha una proporció alta d'animals d'edat molt avançada que poguessin haver servit per a l'aprofitament de recursos derivats, sobretot productes lactis i també força de tracció en el cas dels bous.

Així, s'infereix una intensitat moderada en les estratègies de gestió ramadera, la qual cosa possiblement s'hauria d'integrar dins un sistema agrícola que avui és encara gairebé desconegut. Resulta il·lustratiu el cas del

porc, que sí és criat clarament per a poguessin haver servit per a l'aprofitament de recursos derivats, sobretot productes lactis i també força de tracció en el cas dels bous.

Així, s'infereix una intensitat moderada en les estratègies de gestió ramadera, la qual cosa possiblement s'hauria d'integrar dins un sistema agrícola que avui és encara gairebé desconegut. Resulta il·lustratiu el cas del porc, que sí és criat clarament per a l'explotació dels productes primaris. No obstant, el seu sacrifici es produeix majoritàriament a una edat relativament



**Fig. 8.** A: Punxó elaborat sobre tibia de caprí (CBL/86/957). B: Punxó elaborat sobre tibia de boví (CBL/86/1398) (Escala 20 mm).

**Fig. 8.** A: Awl made on a caprine tibia (CBL/86/957). B: Awl made on a cattle tibia (CBL/86/1398) (Scale bar 20 mm).

avançada, amb bona parts dels exemplars situats entre els 12 i 24 mesos, fet que es documenta de manera recurrent a la prehistòria balear (Ramis, 2006).

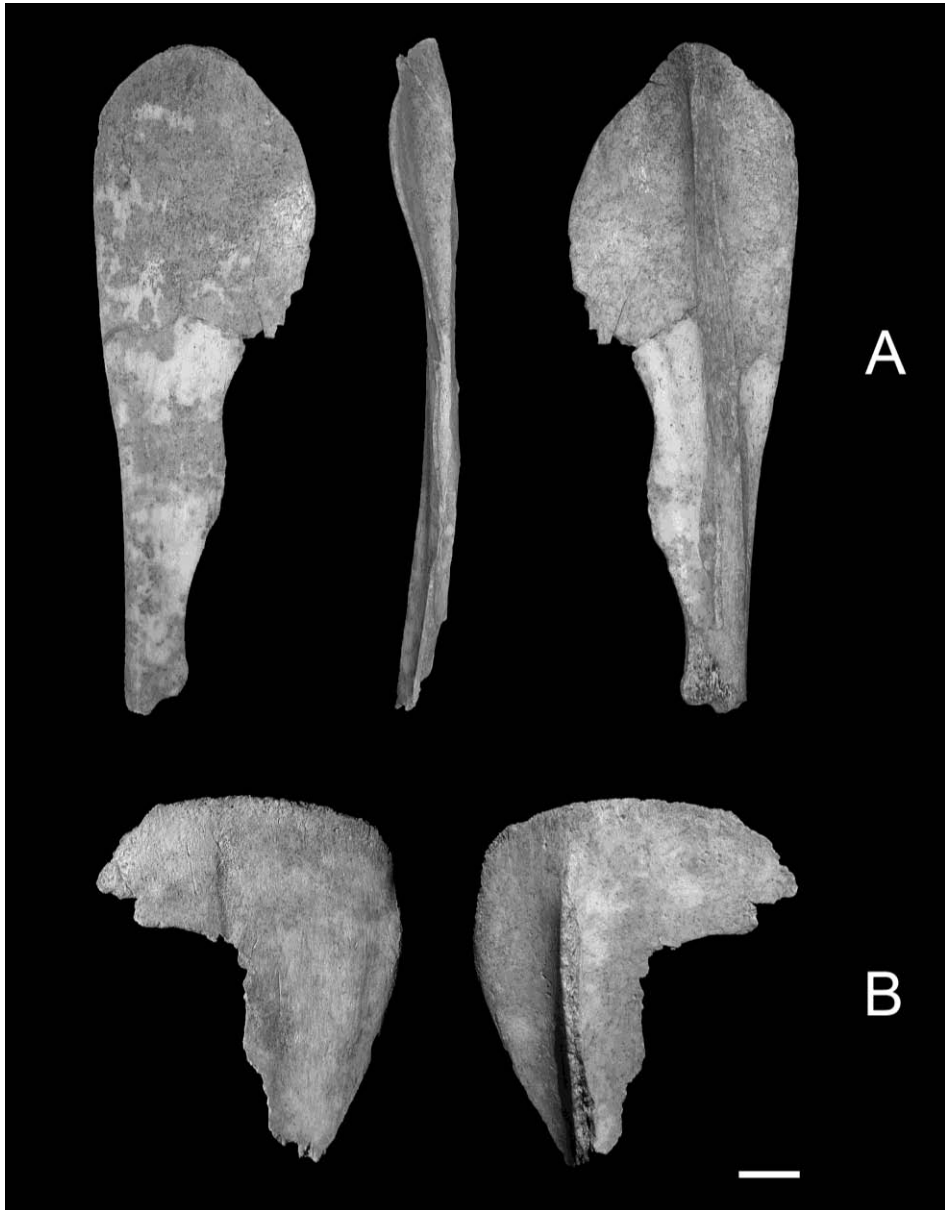
El paral·lel més directe amb el qual es poden comparar els resultats de la cala Blanca és el conjunt faunístic de la naveta de Canyamel (Ramis, 2006; 2011). Aquest jaciment mallorquí presenta una mostra també dominada de manera gairebé absoluta per les espècies

ramaderes. Les proporcions d'aquests grups a Canyamel són semblants a les aquí descrites. La principal diferència és que a la cala Blanca la proporció de bovins és bastant superior. És possible que la proporció de boví en número de restes estigui sensiblement sobrerrepresentada a la cala Blanca. El motiu podria ser, novament, la recol·lecció selectiva dels ossos, donat que els de boví són de major mida que els de caprí o de porc.



**Fig. 9.** Punxó elaborat sobre metàpode de boví (CBL/86/141) (Escala 20 mm).

**Fig. 9.** Awl made on a cattle metapodial (CBL/86/141) (Scale bar 20 mm).



**Fig. 10.** Espàtules elaborades sobre escàpoles de boví (Escala 20 mm).

**Fig. 10.** *Spatulas made on cattle scapulae (Scale bar 20 mm).*

Les estratègies ramaderes inferides a Canyamel també són semblants a les aquí exposades.

Finalment, pel que fa a la mida dels animals, els resultats són molt interessants. El boví és de mida molt petita i, en canvi, el porc és molt gran. Però crida especialment l'atenció el cas dels caprins. A Mallorca es detecta la presència d'unes cabres i ovelles de mida molt gran als contextos datats al voltant del 2000 aC, amb alçades superiors als 60 cm (Ramis, 2006). Ja durant l'edat del Bronze s'inicia un procés de minva de talla, el qual es podria relacionar amb un empitjorament de les condicions d'alimentació per mor de l'increment demogràfic a un territori d'extensió tan limitada. Resulta molt interessant documentar a la cala Blanca com, a mitjans del II mil·lenni aC, l'alçada de l'ovella s'ha reduït de manera significativa mentre les cabres continuen essent de gran talla. Aquesta darrera espècie està molt millor adaptada a una alimentació de pitjor qualitat, la qual cosa podria ser el motiu que les pressions selectives cap a animals més petits haguessin actuat inicialment de manera molt més intensa sobre les ovelles.

## Agraïments

El present article correspon als resultats obtinguts pel "Projecte per a l'anàlisi de les restes faunístiques recuperades a l'excavació de la naveta de cala Blanca (Ciutadella)", al qual li va ser concedit un ajut a la investigació per part del Departament de Cultura, Patrimoni, Educació i Joventut del Consell Insular de Menorca a la seva convocatòria de l'any

2009. El Dr. Josep Quintana també va participar al projecte esmentat, i totes les làmines que il·lustren el treball són obra d'ell. El Dr. Lluís Plantalamor, director del Museu de Menorca, va oferir totes les facilitats per a l'estudi dels materials faunístics de la naveta de cala Blanca.

## Bibliografia

- Albizuri, S., Colomer, S. i Buisan, C. 1993. Experimentación sobre la exposición del tejido óseo a focos de calor. *Estudios de la Antigüedad*, 6: 91-97.
- Barone, R. 1976. *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques. Ostéologie*. École Nationale Vétérinaire, Laboratoire d'Anatomie, Paris. 762 pp.
- Belenguer, C. i Matas, C. 2005. La indústria òssia dels Clossos de Can Gaià, *Mayurqa*, 30: 263-287.
- Boessneck, J. 1980. Diferencias osteológicas entre las ovejas (*Ovis aries* Linné) y cabras (*Capra hircus* Linné). In: Brothwell, D. i Higgs, E. (eds.). *Ciencia en arqueología*. Fondo de Cultura Económica. México. 338-366.
- Boessneck, J., Müller, H.H. i Teichert, M. 1964. Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linné) und Ziege (*Capra hircus* Linné). *Kühn-Archiv*, 78: 1-129.
- Bökönyi, S. 1970. A new method for the determination of the number of individuals in animal bone material. *American Journal of Archaeology*, 74: 291-292.
- Buc, N. 2010. Nuevos aportes a la tecnología ósea de la cuenca inferior del río Paraná (Bajíos Ribereños Meridionales, Argentina). *Arqueología Iberoamericana*, 8: 21-51.
- Buc, N. 2011. Experimental series and use-wear in bone tools. *Journal of Archaeological Science*, 38: 546-557.
- Cantarellas, C. 1974. La industria del hueso en Mallorca durante la Edad del Bronce. In:

- VI Symposium de Prehistoria Peninsular. Prehistoria y Arqueología de las Islas Baleares*. Universidad de Barcelona, Instituto de Arqueología y Prehistoria, Publicaciones Eventuales 24, Barcelona: 73-88.
- Chaix, L. i Méniel, P. 1996, *Éléments d'archéozoologie*, Errance, Paris. 112 pp.
- Cohen, A. i Serjeantson, D. 1996. *A manual for the identification of bird bones from archaeological sites*. Archetype Publications, Londres. 99 pp.
- Ewbank, J.M., Phillipson, D.W., Whitehouse, R.D. i Higgs, E.S. 1964. Sheep in the Iron Age: a Method of Study. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 30: 423-426.
- Fernández-Miranda, M. 2009. *El poblado de Torralba d'en Salort (Alaior-Menorca)*. Fundació Illes Balears, Palma, 280 pp.
- Fernández-Miranda, M., Waldren, W. i Sanders, E.O. 1995. Torralba d'en Salort, funció i significació de las taulas de Menorca. In: Waldren, W.H., Ensenyat, J. i Kennard, R. (eds.). *Ritual, rites and religion in Prehistory. IIIrd Deya International Conference of Prehistory (1993)*. Archaeopress, BAR International Series 611, Oxford. 122-129.
- García, J., 2004. Estudio de la fauna, In: Navarro, F.J. *Excavaciones arqueológicas eb el yacimiento de "Ses Talaies de n'Alzina"*. Consell Insular de Menorca, Llibres del Patrimoni Històric i Cultural 2, Maó. 75-86.
- Guerrero, V.M., Gornés, S., Hernández, J., De Nicolás, J., Morales, J.V., Morales, A. i Pino, B. 2007. Avancé de les investigacions arqueològiques realitzades a l'assentament de Biniparratx Petit (Sant Lluís). In: *L'arqueologia a Menorca: eina per al coneixement del passat*. Consell Insular de Menorca, Llibres del Patrimoni Històric i Cultural 3, Maó. 9-51.
- Halstead, P., Hodder, I. I Jones, G. 1978. Behavioural archaeology and refuse patterns: A case study, *Norwegian Archaeological Review*, 11: 118-131.
- Hernández, J., Nadal, J., Malgosa, A., Alesan, A. i Juan, J., 2002. Economic strategies and limited resources in the Balearic insular ecosystem: the myth of an indigenous animal farming society in the First Millennium BC. In: Waldren, W.H. i Ensenyat, J. (eds.). *World Islands in Prehistory. International Insular Investigations. V Deia Conference of Prehistory (September 13-18, 2001)*. Archaeopress, BAR International Series 1095, Oxford. 275-291.
- Juan, G. i Plantalamor, L., 1997. *Memòria de les excavacions a la naveta de Cala Blanca 1986-1993*. Museu de Menorca, Treballs del Museu de Menorca 21, Maó. 168 pp.
- Montero, M. 1999a. Análisis de los restos de fauna de la Cova des Mussol (Ciutadella, Menorca). In: Lull, V., Micó, R., Rihuete, C. y Risch, R. *La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol. Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca*. Consell Insular de Menorca. Barcelona. 439-443.
- Montero, M. 1999b. Estudio de los restos faunísticos de la Cova des Càrritx. In: Lull, V., Micó, R., Rihuete, C. y Risch, R. *La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol. Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca*. Consell Insular de Menorca. Barcelona. 533-542.
- Morales, J.V., 2005. Estudi zoológico del jaciment de Talatí de Dalt: economia pecuària i explotació dels mamífers. In: JUAN, G. I PONS, J. (coord.). *Talatí de Dalt 1997-2001. 5 anys d'investigació a un jaciment talaiòtic tipus de Menorca*. Museu de Menorca, Treballs del Museu de Menorca 29, Maó. 189-216.
- Payne, S. 1973. Kill-off patterns in sheep and goats: the mandibles from Aşvan Kale. *Anatolian Studies*, 23: 281-303.
- Pérez-Juez, A., Wiseman, J., Goldberg, P., Hansen, J., Mullen, K., Ostovich, M., Payne, C., Gornés, S., Cabanes, D., Euba, I., Morales, J.V., Morín, J. i López Fraile, F.J. 2007. El uso del espacio doméstico de una estructura del talayótico final: excavación de la casa 2 del yacimiento de Torre d'en Galmés, Alaior 2003-2006. In: *L'arqueologia a Menorca: eina per al*

- coneixement del passat*. Consell Insular de Menorca, Llibres del Patrimoni Històric i Cultural 3, Maó. 53-74.
- Pérez Ripoll, M. 1990. La ganadería y la caza en la Ereta del Pedregal (Navarrés, Valencia). *Archivo de Prehistoria Levantina*, 20: 223-253.
- Pérez Ripoll, M. 1992. *Marcas de carnicería, fracturas intencionadas y mordeduras de carnívoros en huesos prehistóricos del Mediterráneo español*. Diputación Provincial de Alicante, Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Alicante. 269 pp.
- Plantalamor, L. i Van Strydonck, M. 1997. *La cronología de la prehistòria de Menorca*. Museu de Menorca, Treballs del Museu de Menorca 20, Maó. 83 pp.
- Prummel, W. i Frisch, H.J. 1986. A guide for the distinction of species, sex and body side in bones of sheep and goat. *Journal of Archaeological Science*, 13: 567-577.
- Ramis, D. 2004. Restes òssies animals de l'hipogeu de Sant Tomàs. In: Plantalamor, L., Marquès, J., García Olives, F. i Puertas, A. *Sant Tomàs (Es Migjorn Gran): L'hipogeu amb façana megalítica*. Museu de Menorca, Treballs del Museu de Menorca 28, Maó. 59.
- Ramis, D. 2006. *Estudio faunístico de las fases iniciales de la Prehistoria de Mallorca*. UNED (Tesis doctoral inédita), Madrid. 739 pp.
- Ramis, D. 2011. La explotación de los recursos animales en el poblado de Canyamel (Capdepera, Mallorca) durante la edad del Bronce. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 133-160.
- Ramis, D. i Martínez, J.A. 2008. La fauna domèstica i els lagomorfs del jaciment de Son Olivaret. In: Plantalamor, L., Villalonga, S. i Marquès, J. *Monument funerari de Son Olivaret*, Museu de Menorca, Treballs del Museu de Menorca 30, Maó: 351-355.
- Saña, M. 1999. *Arqueología de la domesticación animal. La gestión de los recursos animales en Tell Halula (Valle del Éufrates-Siria) del 8800 al 7000 BP*. Universitat Autònoma de Barcelona, Dept. d'Antropologia Social i Prehistòria, Barcelona. 228 pp.
- Schmid, E. 1972. *Atlas of Animal Bones. For Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists*. Elsevier, Amsterdam. 159 pp.
- Sidéra, I. i Legrand, A. 2006. Tracéologie fonctionnelle des matières osseuses- une méthode. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 103: 291-304.
- Silver, I.A. 1980. La determinación de la edad en los animales domésticos. In Brothwell, D. y Higgs, E. (eds.). *Ciencia en arqueología*. Fondo de Cultura Económica. México. 289-309.
- Vento, E. 1985. Ensayo de clasificación sistemática de la industria ósea neolítica la Cova de l'Or (Beniarrés, Alacant). *Excavaciones antiguas. Saguntum*, 19: 31-83.
- Von den Driesch, A. 1976. *A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites*. Harvard University, Peabody Museum Bulletins 1, Cambridge. 137 pp.





# Els fòssils del Pleistocè superior procedents de jaciments de les Illes Balears a les col·leccions històriques de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda)

Damià VICENS i Guillem X. PONS

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Vicens, D. i Pons, G. X. 2012. Els fòssils del Pleistocè superior procedents de jaciments de les Illes Balears a les col·leccions històriques de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 199-209. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

En aquest article es fa una revisió i catalogació del fòssils del Pleistocè superior de l'ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda) dipositats a les col·leccions històriques de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB), procedents d'ambients marins i salobres del de les Illes Balears. Es pretén actualitzar la nomenclatura taxonòmica dels espècimens. Del subordre Docoglossa hi ha dues famílies amb representants, la família Patellidae i la família Lottiidae; del subordre Vetigastropoda, quatre famílies: Fissurellidae, Haliotidae, Trochidae i Phasianellidae; i del subordre Neritimorpha, la família Neritidae. Hi ha 38 tàxons, amb un total de 1391 espècimens procedents de tres col·leccions històriques: 1289 de la col·lecció Joan Cuerda; 91 de la col·lecció Andreu Muntaner; i 1 de la col·lecció La Salle-Palma.

**Paraules clau:** *Illes Balears, Quaternari, Col·leccions paleontològiques, Societat d'Història Natural de les Balears, Archaeogastropoda.*

THE FOSSILS FROM UPPER PLEISTOCENE SITES OF THE BALEARIC ISLANDS IN THE HISTORICAL COLLECTIONS OF THE NATURAL HISTORY SOCIETY OF THE BALEARICS (SHNB). ORDER ARCHAEOGASTROPODA (CLASS GASTROPODA). In this article we review and cataloging fossils Upper Pleistocene order Archaeogastropoda (Class Gastropoda) deposited in the collections of the Natural History Society of Balearics (SHNB) of the Islands, brackish and marine environments from the Islands Islands. It is intended to update and clarify taxonomical nomenclature of specimens. The suborder Docoglossa there are two family representatives, Patellidae and Lottiidae, the suborder Vetigastropoda four families: Fissurellidae, Haliotidae, Trochidae and Phasianellidae, and Neritimorpha suborder, family Neritidae. There are 38 taxa, with a total of 1391 specimens from three historical collections: 1289 Collection John Cuerda; 91 Collection Andreu Muntaner and 1 of the collection-Palma La Salle.

**Keywords:** *Balearic Islands, Quaternary, paleontological collections, Societat d'Història Natural de les Balears, Archaeogastropoda.*

*Damià VICENS i Guillem X. PONS. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca.*

*Recepció del manuscrit: 30-mai-10; revisió acceptada: 30-des-12.*

## Introducció

La Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) fundada el 1954, té una llarga trajectòria amb l'estudi i divulgació de la natura. Sempre d'una manera o d'un altre, la SHNB ha estat lligada a l'iniciativa de formar col·leccions científiques i de crear un Museu d'Història Natural (Pons i Vicens, 2004; 2006). Ja des dels seus inicis, la junta directiva de la Societat va oferir el seu assessorament i les seves col·leccions per fer un museu municipal d'història natural al castell de Bellver (Pons i Vicens, 2006). Hores d'ara, és una finalitat de la SHNB que encara no s'ha aconseguit,

La SHNB ha posat èmfasi en catalogar les seves col·leccions dipositades sota la seva custòdia, i de fet recentment ha catalogat les següents col·leccions històriques: col. J. Cuerda (mol·luscs marins), col. A. Muntaner, col. La Salle i col. Rosselló. També la SHNB disposa d'altres col·leccions, o parts de les col·leccions anteriors, que no estan catalogades i que tenen fòssils del Quaternari, emperò d'aquestes no ens ocupam al present article tot i que està previst catalogar-les.

A part de tot el dit, també hi ha una qüestió important, i és que hi ha bastants de dubtes sobre la localització exacta d'alguns jaciments i sobre les toponímies utilitzades.

Referent a la nomenclatura dels tàxons s'han actualitzat seguint CLEMAM.

Vista la magnitud del nombre d'espècimens a les col·leccions de la SHNB, s'ha optat per dividir el treball amb una sèrie de parts. S'ha iniciat la tasca amb la classe Gastropoda, del phylum Mollusca, i en concret amb l'ordre Archaeogastropoda, per després seguir amb l'ordre Apogastropoda. Aquest treball forma part de la recerca encaminada per a la realització de la tesi doctoral d'un dels autors (DV).

Dins l'ordre Archaeogastropoda hi ha els tàxons menys evolucionats dels Gastropoda. Gofas (2010) dins l'ordre Archaeogastropoda distingeix els següents subordres: Docoglossa, Vetigastropoda, Cocculiniformia i Neritimorpha. Tots els subordres anteriors tenen representants a les col·leccions de la SHNB, referits als fòssils de les Illes Balears, excepte el subordre Cocculiniformia.

## Les col·leccions

Des dels inicis de la fundació de la SHNB, sempre hi ha hagut una preocupació per part de les diferents juntes directives sobre les col·leccions científiques.

Al darrers estatuts de la SHNB, de l'any 2006, a l'apartat *e* de l'article 4 es fa esment que una de les finalitats de la SHNB és la de conservar col·leccions científiques, tant les de recent creació per la SHNB, com les cedides per naturalistes a la SHNB. L'apartat *g*, també té relació ja que fa referència a la creació d'un Museu de la Naturalesa de les Illes Balears. I no es pot fer un museu sense tenir un fons ni científics que ho investiguin.

La SHNB compta amb unes set col·leccions, d'una certa entitat, que contenen fòssils marins del Quaternari de les Illes Balears. N'hi ha quatre d'aquestes col·leccions, denominades històriques, que es varen començar a formar a inicis de la dècada dels 50 del segle XX, o inclòs molt abans com n'és el cas de la col·lecció Joan Rosselló. Als darrers anys a la SHNB s'ha iniciat una intensa i exhaustiva tasca de catalogació de les seves col·leccions i es va començar per la col·lecció Joan Cuerda, la col·lecció Andreu Muntaner, la col·lecció La Salle-Palma i la col·lecció Joan Rosselló. Es per aquest motiu que en aquest treball ens limitam a aquestes col·leccions

històriques. Tot seguit fem un breu resum de cada col·lecció.

#### *Col·lecció Joan Cuerda*

Es tracta d'una col·lecció molt important i nodrida majoritàriament per fòssils quaternaris de les Balears, tant de marins com de terrestres. Les restes del Terciari i Secundari són escasses.

En una primera fase de catalogació de la col·lecció es varen catalogar els fòssils marins quaternaris. En total s'han efectuat 2.786 entrades de registres paleontològics de fòssils marins del Quaternari, que es corresponen amb 12.222 espècimens, distribuïts en 150 localitats o estrats paleontològics, doncs de vegades un mateix jaciment compta amb nivells estratigràfics amb registre fòssilífer independent. A més a més de les localitats de Mallorca i per no disgregar l'esperit de la col·lecció s'han incorporat els materials paleontològics de 7 jaciments de Menorca, 4 de Formentera i 1 d'Eivissa (Pons *et al.*, 2008b).

#### *Col·lecció Andreu Muntaner*

Col·lecció històrica important. Part d'aquesta col·lecció estava ja dipositada a la seu de la SHNB i la resta es va incorporar l'any 2007.

En total s'han efectuat 1.120 entrades de registres paleontològics, que es corresponen amb 4.116 espècimens, distribuïts en 154 localitats. Del Quaternari hi ha 3218 espècimens, del Terciari 471, del Secundari 70 i sense especificar la cronologia 372. La majoria de localitats són de Mallorca, exceptuant 2 d'Eivissa, 1 de Menorca i 1 de Cabrera (Vicens *et al.*, 2008)

Als inicis del 2008 el Sr. Andreu Muntaner (Fig.1) va aportar del seu fons particular, més fòssils del Secundari i Terciari els quals no es troben encara a la base de dades de la Societat.



**Fig. 1.** Andreu Muntaner (a l'esquerra), el setembre de 1957 a la Badia de Palma durant el V Congrés de l'INQUA (Arxiu Andreu Muntaner). A l'actualitat Andreu Muntaner és President d'Honor de la SHNB. La seva col·lecció paleontològica es troba dipositada a la seu de la SHNB.

*Fig. 1.* Andreu Muntaner (on the left) in September 1957 in the Bay of Palma during the Fifth Congress of INQUA (Archive Andreu Muntaner). Currently Andreu Muntaner is Honorary President of the SHNB. Its paleontological collection is kept at the headquarters of the SHNB.

#### *Col·lecció La Salle Palma*

Col·lecció important, constituïda per restes paleontològiques, invertebrats i restes òssies no taxidermitzades. Hi ha un registre de 2.505 entrades amb un total de 8.147 espècimens.

Segons la procedència, es pot dir que es poden fer tres parts, gairebé iguals, una tercera part de les entrades és de les Illes Balears, una altra de la resta d'Espanya i la tercera part que queda del resta del món. Més de 350 persones varen aportar alguna

peça per aquesta col·lecció i molts són o foren il·lustres socis de la Societat: com en Rafel Adrover, Arturo Compte, Joan Cuerda, Mariano Jaquotot, Lluís Gasull, Joan Bauzà, el pare d'Enric Descals i el nostre benivolgut i actual president d'honor Andreu Muntaner (Pons *et al.*, 2008a). Malgrat la seva magnitud, la presència de fòssils del Quaternari marí és poc nombrosa, i en concret la presència d'Archaeogastropoda és testimonial.

#### *Col·lecció Josep Rosselló*

Els ammonits del Secundari de la zona central de Mallorca és el que més hi ha en aquesta col·lecció (Morey i Pons, 2008). Hi ha 536 entrades de registres paleontològics i mostres de roca, de les quals 7 es corresponen amb una cronologia del Quaternari. No hi ha cap fòssil d'Archaeogastropoda.

### **Metodologia**

En primer lloc s'ha consultat la base de dades de les col·leccions catalogades per la SHNB (col. Joan Cuerda, col. Andreu Muntaner, col. La Salle Palma, col. Joan Rosselló) en concret les dades dels Archaeogastropoda fòssils quaternaris procedents de jaciments de les Illes Balears.

S'ha revisat i actualitzat l'ordenació sistemàtica i denominació dels taxons, per la qual cosa s'ha seguit la *Checklist of European Marine Mollusca* (CLEMAM).

### **Resultats**

A les quatre col·leccions històriques de la SHNB revisades hi ha un total de 1.391 espècimens determinats específicament del Pleistocè superior que corresponen a 38 espècies, 14 gèneres i 8 famílies de l'ordre

Archaeogastropoda. La col·lecció Joan Cuerda és la que presenta major nombre d'espècimens i tàxons, seguida de la col·lecció Andreu Muntaner. A la col·lecció La Salle-Palma, la presència d'Archaeogastropoda és testimonial (d'un exemplar donat per Joan Cuerda), i a la col·lecció Joan Rosselló no n'hi ha cap.

El llistat taxonòmic es pot consultar a la Taula 1, i el nombre totals d'espècimens a la Taula 2.

Aquests espècimens abans esmentats provenen de 58 jaciments de Mallorca, 1 de Menorca i 3 de Cabrera. La toponímia dels jaciments, hores d'ara, s'està revisant.

### **Discussió**

De la família Patellidae hi ha 7 espècies citades fòssils a les Illes Balears (Cuerda, 1987): *Patella ferruginea*, *P. caerulea*, *P. lusitanica*, *P. vulgata*, *P. intermedia*, *P. longicosta* i *P. cf. ambrogii*. Segons Bosch i Moreno (1985) ha Mallorca hi ha actualment 4 espècies vivents del gènere *Patella*, com són *P. caerulea*, *P. aspera*, *P. tarentina* i *P. lusitanica*.

Actualment, segons Sabelli *et al.* (2002) *P. aspera* i *P. tarentina* són considerades sinònimes de *P. ulyssiponensis*, així mateix, *P. lusitanica* és sinònima de *P. rustica*, per tant serien tres les espècies vivents a les Balears.

Segons Cuerda (1987) *Patella caerulea* viu a les costes atlàntiques del sud d'Espanya, Illes Açores, Illes Canàries i la mar Mediterrània. Hernández (1992) no la cita a les Illes Canàries, en un treball on revisa el gènere *Patella* en aquestes illes. S'ha trobat a nombrosos jaciments de les Illes Balears. Al jaciment de cala Pudent és molt abundant.

*Patella ferruginea* és una espècie endèmica del Mediterrani. Actualment viu a

les zones meridionals d'aquesta mar. Fòssil ha estat citada a diferents pisos del Pleistocè i a molts d'indrets mediterranis (Cuerda, 1987). També ha estat citada fòssil al Pleistocè de les illes Canàries (Meco, 2008), si bé actualment no es troba a la

ARCHAEOGASTROPODA Thiele, 1925

Subordre Docoglossa Troschel, 1866

Superfamília Patelloidea Rafinesque, 1815

Família Patellidae Rafinesque, 1815

Gènere *Patella* Linné, 1758

*Patella caerulea* Linné, 1758

*Patella ferruginea* Gmelin, 1791

*Patella intermedia* Murray in Knapp, 1857

*Patella rustica* Linné, 1758

*Patella ulyssiponensis* Gmelin, 1791

*Patella vulgata* Linné, 1758

Gènere *Cymbula* H & A. Adams, 1854

*Cymbula nigra* (da Costa 1771)

Superfamília Lottiidea Gray, 1840

Família Lottiidae Gray, 1840

Gènere *Tectura* Gray, 1847

*Tectura virginea* (Müller O. F., 1776)

Subordre Vetisgastropoda Salvini-Plawen, 1980

Superfamília Fissurelloidea Fleming, 1822

Família Fissurellidae Fleming, 1822

Gènere *Fissurella* Bruguière, 1789

*Fissurella nubecula* (Linné, 1758)

Gènere *Diodora* Gray, 1821

*Diodora gibberula* (Lamarck, 1822)

*Diodora graeca* (Linné, 1758)

Gènere *Emarginula* Lamarck, 1801

*Emarginula octaviana* Coen, 1939

*Emarginula huzardii* Payraudeau, 1826

*Emarginula sicula* Gray 1825

Superfamília Haliotoidea Rafinesque, 1815

Família Haliotidae Rafinesque, 1815

Gènere *Haliotis* Linné, 1758

*Haliotis tuberculata lamellosa* Lamarck,

1822

Superfamília Trochoidea Rafinesque, 1815

Família Trochidae Rafinesque, 1815

Subfamília Trochinae Rafinesque, 1815

Gènere *Clanculus* de Montfort, 1810

*Clanculus cruciatus* (Linné, 1758)

*Clanculus jussieui* (Payraudeau, 1826)

Gènere *Clelandella* Winckworth, 1932

*Clelandella militaris* (Brocchi, 1814)

Gènere *Jujubinus* Monterosato, 1884

*Jujubinus exasperatus* (Pennant, 1777)

*Jujubinus gravinae* (Dautzenberg, 1881)

*Jujubinus striatus* (Linné, 1758)

Gènere *Gibbula* Risso, 1826 ex Leach ms.

*Gibbula adasoni* (Payraudeau, 1826)

*Gibbula ardens* (Dautzenberg, 1881)

*Gibbula divaricata* (Linné, 1758)

*Gibbula fanulum* (Gmelin, 1791)

*Gibbula guttadauri* (Philippi, 1836)

*Gibbula magus* (Linné, 1758)

*Gibbula philberti* (Récluz, 1843)

*Gibbula rarilineata* (Michaud, 1829)

*Gibbula turbinoides* (Deshayes, 1855)

*Gibbula umbilicaris* (Linné, 1758)

*Gibbula varia* (Linné, 1758)

Gènere *Osilinus* Philippi, 1847

*Osilinus articulatus* (Lamarck, 1822)

*Osilinus lineatus* (Costa, 1778)

*Osilinus turbinatus* (Born, 1778)

Superfamília Turbinoidea Rafinesque, 1815

Família Turbinidae Rafinesque, 1815

Subfamília Turbininae Rafinesque, 1815

Gènere *Bolma* Risso, 1826

*Bolma rugosa* (Linné, 1767)

Família Phasianellidae Swainson, 1840

Subfamília Tricoliinae Woodring, 1928

Gènere *Tricolia* Risso, 1826

*Tricolia pullus pullus* (Linné, 1758)

*Tricolia speciosa* (Megerle von Mühlfeld, 1824)

*Tricolia tenuis* (Michaud, 1829)

Subordre Neritimorpha Golikov & Starobogatov, 1975

Superfamília Neritoidea Rafinesque, 1815

Família Neritidae Rafinesque, 1815

Gènere *Smaragdia* Issel, 1869

*Smaragdia viridis* (Linné, 1758)

**Taula 1.** Llistat taxonòmic dels Archaeogastropoda del Pleistocè superior a les col·leccions històriques de la SHNB.

**Table 1.** Taxonomical checklist of Archaeogastropoda from the Upper Pleistocene to the historical collections of SHNB.

CLEMAN 2010	CUERDA 1987	C		M		LS		Total	
		Es	Ja	Es	Ja	Es	Ja	Es	Ja
<i>Patella caerulea</i>	<i>Patella caerulea</i>	164	27	3	1			167	27
<i>Patella ferruginea</i>	<i>Patella ferruginea</i>	40	4	13	5	1	1	54	7
<i>Patella rustica</i>	<i>Patella lusitanica</i>	100	23	1				101	23
<i>Patella ulyssiponensis</i>	<i>Patella aspera</i>	96	24					96	24
<i>Cymbula nigra</i>	■ <i>Cymbula cf. nigra</i>	1	1					1	1
<i>Tectura virginea</i>	<i>Acmaea virginea</i>	1	1					1	1
<i>Fissurella nubecula</i>	<i>Fissurella nubecula</i>	62	19	2	2			64	20
<i>Diodora gibberula</i>	<i>Fisurella gibberula</i>	148	28	2	2			150	28
<i>Diodora graeca</i>	<i>Fisurella graeca</i>	30	17					30	17
<i>Emarginula octaviana</i>	<i>Emarginula elongata</i>	13	9					13	9
<i>Emarginula huzardii</i>	<i>Emarginula huzardi</i>	1	1					1	1
<i>Emarginula sicula</i>	<i>Emarginula cancellata</i>	1	1					1	1
<i>Haliotis tuberculata lamellosa</i>	<i>Haliotis lamellosa</i>	19	14	4	3			23	17
<i>Clanculus cruciatus</i>	<i>Clanculus cruciatus</i>	26	7					26	7
<i>Clanculus jussieui</i>	<i>Clanculus jussieui</i>	65	18	1	1			66	18
<i>Clelandella miliaris</i>	<i>Calliostoma miliaris</i>	3	3					3	3
<i>Jujubinus exasperatus</i>	<i>Jujubinus exasperatus</i>	39	5					39	5
<i>Jujuvinus gravinae</i>	<i>Jujuvinus gravinae</i>	29	7					29	7
<i>Jujuvinus striatus</i>	<i>Jujuvinus striatus</i>	6	3					6	3
<i>Gibbula adansoni</i>	<i>Gibbula adansoni</i>	2	2					2	2
<i>Gibbula ardens</i>	<i>Gibbula ardens</i>	42	13	1	1			43	13
<i>Gibbula divaricata</i>	<i>Gibbula divaricata</i>	53	17					53	17
<i>Gibbula fanulum</i>	<i>Gibbula fanulum</i>	6	2					6	2
<i>Gibbula guttadauri</i>	<i>Gibbula guttadauri</i>	1	1					1	1
<i>Gibbula magus</i>	<i>Gibbula magus</i>	1	1					1	1
<i>Gibbula philberti</i>	<i>Gibbula philberti</i>	5	3					5	3
<i>Gibbula rarilineata</i>	<i>Gibbula rarilineata</i>	18	6					18	6
<i>Gibbula turbinoides</i>	<i>Gibbula turbinoides</i>	30	10					30	10
<i>Gibbula umbilicaris</i>	<i>Gibbula umbilicaris</i>	7	6					7	6
<i>Gibbula varia</i>	<i>Gibbula varia</i>	15	6	1	1			16	7
<i>Osilinus articulatus</i>	<i>Monodonta articulata</i>	53	19	5	4			58	21
<i>Osilinus lineatus</i>	<i>Monodonta lineata</i>	17	9					17	9
<i>Osilinus turbinatus</i>	<i>Monodonta turbinata</i>	27	15	25	13			52	23
<i>Bolma rugosa</i>	<i>Astraea rugosa</i>	53	10	2	1			55	11
<i>Tricolia pullus</i>	<i>Tricolia pulla</i>	104	17	31	2			135	18
<i>Tricolia tenuis</i>	<i>Tricolia tenuis</i>	4	2					4	2
<i>Tricola speciosa</i>	<i>Tricola speciosa</i>	5	3					5	3
<i>Smaragdia viridis</i>	<i>Smaragdia viridis</i>	12	6					12	6
<b>Total</b>		<b>1219</b>	<b>-</b>	<b>91</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1391</b>	<b>-</b>

**Taula 2.** Nombre d'espècimens determinats (Es) a les col·leccions de la SHNB del Archaeogastropoda procedents de jaciments (Ja) del Pleistocè de les Illes Balears. Col·lecció Joan Cuerda (C). Col·lecció Andreu Muntaner (M). Col·lecció La Salle-Palma (LS). Col·lecció Joan

Rosselló (R). Les caselles referides als jaciments, no són sumatòries ja que hi ha jaciments que es repeteixen a diferents col·leccions. A la primera columna de l'esquerra figura la denominació actualitzada dels tàxons, basada en CLEMAM (2010). Just a la dreta de la columna anterior, apareix la denominació donada per Cuerda (1987). No s'han tingut en compte en aquesta taula les subespècies que apareixen a Cuerda (1987). (■) No descrit a Cuerda (1987).

**Table 2.** Number of specimens analyzed (Es) in the collections of the SHNB Archaeogastropoda from sites (Ja) in the Pleistocene of the Balearic Islands. Joan Cuerda Collection (C). • Andreu Muntaner Collection (M). La Salle-Palma Collection (LS). Joan Rosselló Collection (R). The boxes relating to sites, are not the sum because there are sites that are repeated in different collections. In the first column on the left contains the updated name of taxa based on CLEMAM (2010). Just to the right of the previous column appears the name given by Cuerda (1987). Not been taken into account in this table subspecies listed Cuerda (1987). (■) not described by Cuerda (1987).

fauna actual d'aquestes illes (Hernandez, 1992). La seva possible presència actual a les Balears a generat controvèrsies (veure Vicens *et al.*, 2001). Personalment no l'hem vist viva a cap de les illes de l'arxipèlag, ni tant sols a tafocenosis de platges actuals. Bosch i Moreno (1985) mostrejant 31 estacions a Mallorca no la varen trobar.

Cuerda (1987) la cita al límit Plio-Quaternari, a l'Emilià, al Paleotirrenià a l'Eutirrenià i al Neotirrenià de Mallorca. El jaciment del Neotirrenià que fa referència és el de la Torre de s'Estalella (en concret el nivell de +3 m de Cuerda, 1975), que segons els darrers indicis (observacions personals) és un jaciment eutirrenià, per la qual cosa al Pleistocè superior mallorquí, *P. ferruginea* només s'ha trobat a jaciments eutirrenians. Segons Cuerda i Sacarès (1966) l'abundància de *P. ferruginea* caracteritza el Paleotirrenià mallorquí. Creiem que les *Patella* mallorquines anteriors al Pleistocè mitjà i denominades com a *P. ferruginea* s'haurien de revisar ja que moltes presenten caràcters morfològics a la closca diferents a la *P. ferruginea* del Pleistocè superior.

Hi ha 3 col·leccions històriques on hi ha *Patella ferruginea* i es disposa d'un total de 54 espècimens determinats procedents de 7 jaciments del Pleistocè superior del S de Mallorca. A la col·lecció J. Cuerda és on hi

ha més espècimens, en concret 40. El jaciment de cala Pudent és el que ha lliurat més espècimens d'aquest tàxon. Per contra, als jaciments del N de Mallorca, aquest tàxon ha estat poc citat (Vicens, 2010).

Cuerda (1987) cita *Patella intermedia* al jaciment plio-quaternari de Vallgornera (Mallorca) i al Pleistocè superior de cala Pudent. Segons les observacions fetes sobre l'exemplar de cala Pudent, és una *P. ferruginea*.

*Patella rustica* és freqüent als jaciments mallorquins. A la col·lecció J. Cuerda surt denominada com a *P. lusitanica*, igual que a Cuerda (1987).

*Patella ulyssiponensis* surt denominada a la col·lecció Cuerda com a *P. aspera*, igual que a Cuerda (1987).

*Patella vulgata* és un tàxon poc citat a les Illes Balears. Només s'ha citat a tres jaciments de Palma del Pleistocè superior i al jaciment plio-quaternari de Vallgornera (Cuerda, 1987). S'ha revisat i no es *P. vulgata*, és *P. aspera*.

De la família Lottiidae hi ha un representant, *Tectura virginea*. Cuerda (1987) el cita com *Acmaea virginea*. A treballs recents la denominació genèrica de *Tectura* és majoritari per a aquesta espècie, si bé a alguns s'utilitza encara *Acmaea* (veure Godet *et al.*, 2010). Cuerda (1987) diu que en el Pleistocè balear només s'ha



**Fig. 2.** *Cymbula cf. nigra* del jaciment del Pleistocè superior (MIS 5e) de ses Rotes de sa Cova (col. no catalogada J. Cuerda-SHNB). Diàmetre major 66 mm.

**Fig. 2.** *Cymbula cf. nigra* site of the Upper Pleistocene (MIS 5e) from Ses Rotes Sa Cova (Col. J. Cuerda-SHNB not listed). Larger diameter 66 mm.

trobat un exemplar d'aquest tàxon i que de fet aquest espècimen prové del Neotirrenià inferior de "Campo de Tiro". Això és veu que és una errada i tocaria dir "Campo de Tiro 2", segons consta a l'etiqueta de la col·lecció. És el jaciment que a Cuerda (1975) es coneix per es Carnatge.

Entre el material no catalogat de la col·lecció Cuerda, ha aparegut un exemplar de *Cymbula cf. nigra*, procedent del jaciment eutirrenià (MIS 5e) de Ses Rotes de sa Cova, actualment desaparegut per les construccions al litoral. Aquest jaciment va ser estudiat per Butzer i Cuerda (1961) i datat per Stearns i Thurber (1965), donant una edat d'uns 115 ka. L'espècie en qüestió no ha estat citada al Pleistocè de les Balears. L'exemplar està desgastat i parcialment romput. La closca compta amb

una fina costulació radial, de talla gran (diàmetre major de l'exemplar estudiat 66 mm), de forma oval i aplanada (Fig. 2). A la península Ibèrica, *C. nigra* (= *C. safiana*) ha estat citada per Cuerda i Gasull (1971) (in Davidson, 1989) del jaciment arqueològic de la Cova del Volcán del Far de Cullera (València); també citada de nivells arqueològics de la cova de Nerja (Màlaga) (Serrano *et al.*, 1995). A la costa atlàntica Zazo i Goy (1989) han estudiat les terrasses marines, i indiquen que la millor representada fou datada gràcies a la fauna càlida amb *C. nigra* (100.000 BP, amb datacions de Th / U), al litoral de Cadis. A les Illes Chafarinas, a on és una espècie vivent, també ha estat recollida en restes arqueològiques (Bellver i Bravo, 2003). Ha estat citada del tirrenià de Marroc (Lecointre, 1952). A l'actualitat es troba a la costes del Mediterrani, des d'Algèria a Marroc (Poppe i Goto, 1991) i a l'Atlàntic, a la costa occidental africana fins Angola (Nicklès, 1950). *C. nigra* és la pegallida de mida major que podem trobar a les costes espanyoles, arribant a atènyer els 120 mm de longitud. A l'actualitat es troba recollida a l'Annex II del conveni de Barcelona i del Conveni de Berna. Templado (2001) suggereix possibles efectes competitius amb *P. ferruginea*. Alguns autors indiquen que està en expansió cap a l'interior de la Mediterrània, citada del litoral andalus mediterrani des de l'Estret de Gibraltar fins a Granada i diversos punts d'Almeria (Adra, Millares i Barranquete). També està present a l'illa d'Alborán i les illes Chafarinas. Aquesta seria la primera cita per al Pleistocè de Mallorca, i de les Illes Balears.

De la família Fissurellidae hi ha 6 espècies de 3 gèneres distints, amb un total de 259 espècimens. *Fissurella nubecula*, *Diodora gibberula* i *Diodora graeca* són bastants freqüents. *Emarginula huzardii* i



*E. sicula* s'han trobat molt poc. Cuerda (1987) considera parcialment encertat el que diu Gignoux (1913) sobre *F. nubecula* i que se li ha d'atorgar un cert valor estratigràfic per la seva abundància en el Pleistocè superior mallorquí. Curiosament als jaciments situats a la badia de Pollença i a la badia d'Alcúdia, aquest tàxon s'ha citat en una única ocasió (Vicens, 2010). Sembla un tàxon un tant termòfil i de fet Cuerda (1987) diu que al Mediterrani és més freqüent a les costes meridionals. A l'Atlàntic es troba a zones temperades i a zones molt càlides (Rosewater, 1975).

La família Haliotidae té un representant, *Haliotis tuberculata lamellosa*, procedent de jaciments 17 jaciments amb un total de 23 espècimens. Els espècimens procedents des Carnatge, la Pineda i cala Estància no s'havien citat a Cuerda (1987).

La família Trochidae és la que té més representants dels Archaeogastropoda fòssils quaternaris balears. Està present amb 20 espècies de 5 gèneres diferents, amb un total de 478 espècimens. Alguns tàxons segon Cuerda (1987), s'han citat molt poc a les Illes Balears, com són *Clelandella miliaris*, *Jujuvinus striatus*, *Gibbula adansoni*, *Gibbula fanulum*, *Gibbula gutta-auri*, *Gibbula magus* i *Gibbula philberti*. Per contra *Clanculus jussieui*, *Gibbula ardens*, *Gibbula divaricata*, *Gibbula turbinoides*, *Osilinus articulatus*, *Osilinus lineatus* i *Osilinus turbinatus* s'han citat bastant. Segons Cuerda (1987) *O. lineatus* té significació estratigràfica, i curiosament no ha estat citat per Vicens (2010) als jaciments de la badia de Pollença i de la badia d'Alcúdia.

Altres falten a la relació de jaciments donats per Cuerda (1987) per un determinat tàxon. Així falten citar *Clanculus cruciatus* a Sa Fossa; *Clanculus jussieui* a es Port Roig (atenció Can Vanrell 1 Cole i Can Grauet llibre); *Gibbula adansoni* al Caló

des Camps; *Gibbula turbinoides* al cap de s'Orenol i a cala Vella; i *Gibbula umbilicaris* a Cala sa Nau.

També és dona el cas invers, es a dir citat a Cuerda (1987) i no trobat a la base de dades de la col. J. Cuerda, com n'és el cas de *Jujuvinus gravinae* de Cala Agulla; *Gibbula rarilineata* de la Torre d'en Pau, es Carnatge, el torrent de Son Granada i s'Estanyol, i *Gibbula varia* de Cala Agulla.

*Bolma rugosa*, de la família Turbinidae, està present a la gran majoria de jaciments gràcies als opercles.

La família Phasianellidae, està representada per tres espècies. L'espècie *Tricolia pullus pullus* és la més freqüent, i procedeix majoritàriament de jaciments de Palma i Lluçmajor.

De la família Neritidae hi ha un representant *Smaragdia viridis*, del qual 11 del 12 exemplars procedeixen de jaciments de Palma.

Molts de fòssils provenen de jaciments de Palma i això es deu a dos motius fonamentals: l'existència d'importants jaciments del Pleistocè superior i la residència a Palma de la major part dels paleontòlegs que han fet aquestes col·leccions.

## Agraïments

Volem agrair les facilitats que ens ha donat la Junta de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears per a l'estudi del material de les col·leccions històriques, així com la informació aportada per Andreu Muntaner pel que fa a localitats del Pleistocè superior. El present article s'ha beneficiat del programa d'ajudes de la Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència de Coneixements del Govern de les Illes Balears i del fons FEDER per al grup d'investigació competitiu de la UIB BIOGEOMED.

## Bibliografia

- Bellver, J.A. i Bravo, A. 2003. Una estació neolítica al aire libre en la Islas Chafarinas: El Zafrín. Primera datació radio carbónica. *Akros*, 2: 79-85.
- Bosch, M. i Moreno, I. 1986. Contribució al conocimiento del genero *Patella* Linné 1758, en la Isla de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 127-135.
- Butzer, K. W. i Cuerda, J. 1961. Formaciones cuaternarias del litoral Este de Mallorca (Canyamel – Porto Cristo). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 7: 3-29.
- CLEMAM – Checklist of European Marine Mollusca – Base de données scientifiques publique, consultée le 20-10-2010, hébergée par le Muséum National d'Histoire Naturelle (M.N.H.N.), Paris, à : <http://www.mnhn.fr/biotaxis/clemam>
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Inst. Est. Bal. Palma. 304 pp.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". Palma. 420 pp.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1966. Nueva contribució al estudio del Pleistoceno marino del término de Lluchmayor (Mallorca). *Boll. Soc. Hist, Nat, Balears*, 12: 63-99.
- Davidson, I. 1989. La economía del final del Paleolítico en la España Oriental. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación provincial de Valencia. Serie de trabajos varios, 85. 273 pp.
- Gignoux, M. 1913. Les formations marines pliocenes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. *Annals de l'Université de Lyon*, n.s. 36.
- Godet, L., Le Mao, P., Grant, C. i Olivier, F. 2010. Marine invertebrate fauna of the Chausey archipelago: an annotated checklist of historical data from 1828 to 2008. *Cah. Biol. Mar.*, 51: 147-165.
- Gofas, S. 2010. CLEMAM: Systematic lifting of ultraspecific taxa. In: <http://www.mnhn.fr/biotaxis/clemam>
- Hernández, F.J. 1992. Revisió del género *Patella* Linne, 1758 (Mollusca, Gastropoda) en las Islas Canarias. *Vieraea: Folia scientiarum biologiarum canariensium*, 21: 109-135.
- Meco, J. 2008. *Historia geológica del clima en Canarias*. Las Palmas de Gran Canaria. 296 pp
- Morey, B. i Pons G. X. 2008. La col·lecció paleontològica Josep Rosselló i Ordines (MNIB-SHNB). In: Pons, G. X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 443-444.
- Nicklès, M. 1950. *Mollusques testacées marins de la Cote Occidentale d'Afrique*. Paul Lechevalier Paris. 269 pp.
- Pons, G. X. i Vicens, D. 2004. La Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004): cinquanta anys de passió per la natura. *IV Jornades del Medi Ambient de les Balears*. SHNB, 247-249.
- Pons, G. X. i Vicens, D. 2006. Cinquanta anys d'estudi i divulgació de la natura de la Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004). *Actes de la VIII trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. (Barcelona, SCHCT) 379-389.
- Pons, G.X., Mir, X., Ramis, D., Sans, C. i Vicens, D. 2008a. La col·lecció La Salle depositada a la Societat d'Història Natural de les Balears. In: Pons, G. X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 437-442.
- Pons, G.X., Vicens, D., Ramis, D., Gràcia, F., Llobera, M., Socias, M., Grau, A.M., Moragues, LL., Balaguer, P. i Torres A. 2008b. La col·lecció paleontològica de Joan Cuerda Barceló (MNIB-SHNB). Mol·luscs marins quaternaris. In: Pons, G. X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 425-428.
- Poppe, G.T. i Goto, Y. 1991. *Europea Seashells*. Vol. I. 352 pp. Wiesbaden/Verlag Christa Hemmen.
- Rosewater, J. 1975. An Annotated List of the Marine Mollusks of Ascension Island, South Atlantic Ocean. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 189: 41 pp.
- Sabelli, B., Giannuzzi, R. i Bedulli, D. 2002. *Catalogo annotato dei molluschi marini del*

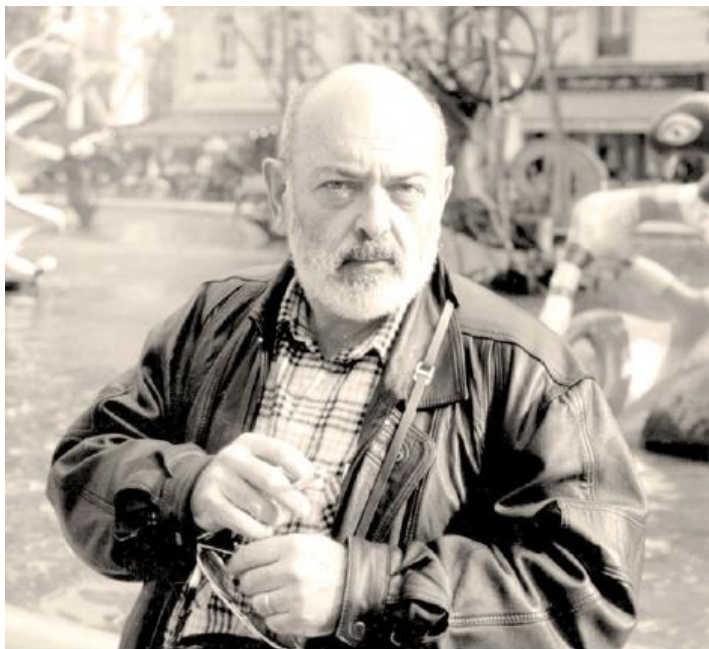
- Mediterraneo-Annotated check-list of Mediterranean marine mollusks. Vol. 1 Società Italiana di Malacologia. Edizioni Libreria Naturalistica Bolognese. 348 pp.
- Serrano, F., Lozano, M.C., Vera, J.L. i Guerra, A. 1995. Malacofauna en yacimientos prehistóricos de la cueva de Nerja. *Trabajos sobre la cueva de Nerja*, 5: 297-373.
- Stearns, Ch. E. i Thurber, D. L. 1965. Th 230-U 234 dates of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean littorals. *Quaternaria*, 7: 29-42.
- Templado, J. 2001. *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791). In: Los invertebrados no insectos de la Directiva Hábitats en España. Ramos, M.A., Bragado, D. i Fernández, J. (Eds.). Ediciones Serie Técnica, organismo Autónomo Parques Nacionales, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 41-49.
- Vicens, D. 2010. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a la zona Nord-oriental de Mallorca (Badia de Pollença i Badia d'Alcúdia)*. Memòria d'investigació, 337 pp. UIB. inèdit.
- Vicens, D., Pons, G.X. i Mir, X. 2008. La col·lecció paleontològica Andreu Muntaner Darder (MNIB-SHNB). . In: Pons, G. X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 429-436.
- Vicens, D., Pons, G. X, Bover, P. i Gràcia, F. 2001. Els tàxons amb valor biogeogràfic i cronoestratigràfic: bioindicadors climàtics del Quaternari de les Illes Balears. In: Pons, G. X. i Guijarro J. A. (Eds.) *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 121-146.
- Zazo, C. i Goy, J.L. 1989. Sea-Level Changes in the Iberian Peninsula during de last 200,000 years. *Late Quaternary Sea-Level Correlation and Applications NATO ASI Series*, 256: 27-39.





SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

*In memoriam*  
**Bartomeu Barceló i Pons, geògraf (1932-2012)**



L'any 1948, un joveníssim Bartomeu Barceló, que encara no havia acabat de cursar el batxillerat, participava en unes reunions al Col·legi d'Apotecaris per establir una delegació de la veterana *Sociedad Española de Historia Natural*, branca autònoma que s'independitzaria el 1954 en esdevenir Societat d'Història Natural de les Balears. En aquells conciliàbuls germinals hi havia en Guillem Colom, en Pere Palau, en Joan Cuerda, en Joan Bauzà i n'Andreu Muntaner, de més a més d'un grupet de joves acomboiats pel jesuïta català Joan Cañigüeral —que hi duia la doma, sempre en castellà—, naturalista esforçat. Entre els joves, record n'Artur Compte i en Bartomeu.

En Barceló i en Cuerda eren cosins germans i la curolla del segon per arreplegar fòssils (abans havia tocat el violí i pintat aquarel·les, també feia gloses...) li vengué de la col·lecció que tenia en Tomeu a Son Macià. Amb el temps, Joan Cuerda i Barceló arribaria a ser un dels més acreditats paleontòlegs quaternaristes d'Europa.

Una anècdota d'aquells anys inicials corrobora l'interès d'en Bartomeu Barceló per les ciències de la natura. Entre nosaltres, els 1950, no hi havia escàners, ni fotocopiadores, ni manera d'adquirir la tesi doctoral de Paul Fallot sobre la serra de Tramuntana, la bíblia mallorquina de la geologia. Els tres fulls del mapa a 1/50.000 foren calcats i acolorits a mà per en Tomeu que hi degué invertir molts jornals i altes dosis de paciència. Seria qüestió de rescatar el document.

Després d'un brillant batxillerat (1942-1949) al col·legi de Montision —d'on sortí un floret de condeixebles intel·lectuals, seguint el lema jesuític de "formació de selectes"—, les aficions del nostre amic l'encaminaren a la geologia. Per això es va matricular a la Facultat de Ciències de Barcelona (1950-1951) on coincidirem episòdicament al mític Pavelló del Jardí en el qual professaven els doctors Lluís Solé, Maximino Sanmiguel i mossèn Josep R. Bataller. Ni en Bartomeu ni jo passàrem del primer curs. Son pare, temorós de les influències i ambients clericals que freqüentava el fill, va resoldre enviar-lo a Madrid, al col·legi major Ximénez de Cisneros. El canvi de matrícula va implicar que mudàs d'orientació cap a la carrera de Filosofia i Lletres. La decisió per la geografia va respondre al mestratge del professor Manuel de Terán, un supervivent de la Institución Libre de Enseñanza. Tot plegat no vol dir que trencàs amb la geografia física, però sí que els seus afanys majoritaris anassin pel camí de la geografia humana.

Les dues edicions de la *Geografía regional de España* (1968 i 1987) dirigida per Lluís Solé i Manuel de Terán, portaven d'antuvi una bona dosi de geografia física de les Illes a la part redactada per en Barceló. No podríem oblidar la seva contribució a l'*Atlas de les Illes Balears* (1979) de l'editorial Diàfora, amb la mateixa idea que un capítol enunciat com a *Fundamentos conceptuales de la preocupación geográfica por el medio ambiente* (MOPU, 1984: 3-20). Hi afegiria, al final de la seva etapa productiva, *Bibliografía sobre meteorología i clima a les Illes Balears* (1998).

La sensibilitat pel paisatge natural, no l'abandonà mai; en part, li venia de família. Son pare, el misser Alfons Barceló i Barceló era un bon fotògraf paisatgista i va ser dels primers que obtengué a Mallorca diapositives en color. Altrament, la possessió familiar de Son Macià —casal immens, jardí i tres-centes quarterades— on passaven temporades permetia un contacte amb la natura que altres al·lots ciutadans, més o menys burgesos, no es podien permetre. Totes les posteriors intervencions planificadores d'en Barceló d'àmbit provincial, insular i municipal, des del gabinet de Septe, varen tenir sempre en compte la defensa del medi natural. Sense caure en la temptació de fer autobiografia, sí he d'evocar que, l'agost de 1958, vàrem accomplir una etapa de la volta a Mallorca a peu, en Tomeu, en Francesc de B. Moll i un servidor, carregats amb la tenda de campanya, els estris, els queviures i els mapes, entre Ternelles i Llenaire, ran de costa, sempre que podíem.

Només afegiré dues històries per remarcar més els afanys naturalistes de l'humanista i economista Barceló en dos temes que el captivaven, s'Albufera de Muro i sa Pobla i el karst. L'estudi de s'Albufera, l'inicià amb un treball primerenc (1957) sobre el projecte de dessecació proposat el 1799 pel francès Alexandre de Canterac. Entre 1965 i 1980 encapçalà un equip de geògrafs i naturalistes que investigaren i ponderaren els aspectes

ecològics i aconseguiren amb el seu activisme i les publicacions la declaració de s'Albufera com a parc natural, adquirit i salvaguardat pel govern autonòmic (1988). La curiositat pel karst, conjunt de processos i fenòmens tan típics del paisatge calcari baleàric estava dins la ment d'en Barceló. En seguí les aportacions i va encoratjar, l'any 1984, l'estudi que va dedicar-hi un equip dirigit pel professor de Frankfurt, Werner-F. Bär, amb cartografia detallada a escala 1/10.000. El resultat va ser el full 5 de l'*Atlas Internacional del Karst. Lluç/Sierra Norte*, publicat el 1986.

En Bartomeu Barceló, home enaltit per uns i censurat per altres, fou un personatge singular de l'amistat del qual em consider orgullós i agraït.

València, 7 de novembre de 2012

Vicenç M. Rosselló i Verger





## Normes de publicació del Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

**Editat per:** Guillem X. Pons

**Dades de contacte:** publicacions@shnb.org

C/ Margarida Xirgu, 16 baixos.

07011-Palma de Mallorca. Illes Balears (Spain).

**ISSN:** 0212-260X

**Freqüència de publicació:** Anual

El *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* publica treballs científics originals sobre Història Natural en sentit ampli, posant especial èmfasi en la regió de la Mediterrània occidental.

Es recomana als autors la lectura del darrer número del Bolletí per a una orientació general sobre l'estil i presentació formal. De qualsevol manera, els treballs estaran estructurats en apartats i s'ajustin a les següents normes:

### Normes generals

Tot manuscrit es presentarà en forma d'un únic arxiu de text que contindrà, per ordre:

- Pàgina inicial, que inclourà: Títol, Títol abreujat, Autor/s i Adscripció de l'autor/s.
- Pàgina de resums, que: Resum en la llengua de redacció del treball, Resum en català, Resum en anglès. Cada resum anirà acompanyat de les Paraules clau.
- Manuscrit, iniciant-se en una nova pàgina, i que inclourà de forma contínua els següents apartats: Introducció, Material i Mètodes, Resultats, Discussió (que pot anar juntament amb els resultats en un únic apartat), Agraïments, Referències citades.
- Peus de les figures, començant a una nova pàgina i tots seguits. Es redactaran en la llengua usada en el manuscrit i seguidament en anglès.
- Taules, cadascuna precedida del Peu de taula corresponent, incloent una taula per pàgina. Els peus es redactaran en la llengua usada en el manuscrit i seguidament en anglès.
- En cas d'haver-hi apèndixs o material adjunt, anirà al final de l'arxiu i començaran cadascun a pàgines distintes.

S'inclourà el número de pàgina a tot el manuscrit, al marge superior dret. En cap cas s'inclouran figures a l'arxiu de text. Les figures es presentaran en arxius individuals anomenats com "Fig\_1", "Fig\_2", etc.

Per les taules, figures, dimensions del treball, etc., tingui's en compte que la caixa del *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* és de 18 x 12,5 cm.

### **Normes específiques**

Cadascun dels manuscrits (i arxius de text adjunts) es presentarà en format digital no protegit, en Microsoft Word [.doc] o qualsevol altre editor de text compatible. També es podrà presentar en format de text enriquit [.rtf].

Els manuscrits i el material adjunt es poden remetre:

- Per correu electrònic, a l'adreça **publicacions@shnb.org**. Des d'aquesta adreça s'enviarà una confirmació de la recepció del manuscrit.
- Gravat a un CD o DVD i enviat per correu regular a la SHNB: Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. 07011-Palma de Mallorca. Illes Balears. Espanya.
- En paper, enviant-ho a l'adreça postal anterior. Es presentarà, per cada un dels manuscrits, un original i dues còpies, en fulles DIN A4, mecanografiades per una sola cara, a doble espai i amb un màxim de 70 caràcters per línia i 30 línies per pàgina.

La tipografia a utilitzar en el text ha d'esser la següent:

- Interlineat simple, justificat a l'esquerra i amb un marge mínim de 2,5 cm a tots els costats. Paginació contínua sense cap tipus d'edició.
- Text general: rodones, font Times New Roman, mida de font 10 punts.
- Espècies i gèneres: *cursiva*.
- Resums i paraules clau: mida de font 9. Les paraules clau en *cursiva* (espècies i gèneres en rodones).
- Apartats: minúscules (tipus oració) i **negretes**, mida de font 11 punts, separats una línia del text. Únicament seran, i en aquest ordre: Introducció, Material i Mètodes, Resultats, Discussió (ò Resultats i Discussió), Agraïments, Referències citades i Apèndix.
- Subapartats (reduïts al mínim imprescindible): els primers en minúscules (tipus oració) i **negretes**, mida de font 10. Els segons en minúscules (tipus oració) i *cursiva*, mida de font 10. En tots els casos el text començarà a la línia següent al títol del subapartat.

El text pot estar redactat en qualsevol llengua moderna.

- Es recomana la no utilització de termes polítics (vgr. Espanya, Països Catalans), en favor dels geogràfics (vgr. Península Ibèrica, Mediterrània occidental).

Els tàxons o sintàxons han d'anar acompanyats dels autors de la descripció o combinació la primera vegada que es citen al text.

Els llatínismes i anglicismes aniran sempre en *cursiva*, incloent les abreviatures (p.e. *et al.*, *foredune*, *in situ*).

A la pàgina inicial de cada manuscrit, en paràgrafs separats i per aquest ordre, ha de constar:

- Títol (mida de font 14 punts, **negreta**).
- Títol abreujat, que l'editorial del *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* col·locarà a l'encapçalament de les pàgines del treball (mida de font 10 punts).
- Nom complet de l'autor/s, seguit del primer cognom en MAJÚSCULES (mida de font 12 punts), en l'ordre en que signen el treball. Si l'autor així ho desitja, pot incloure també el segon cognom unint-lo al primer mitjançant un guió. No s'utilitzaran superíndexs.
- Nom complet i adreça postal de cadascun dels autors (mida de font 9 punts), separats per un punt i seguit. S'ha d'indicar quin és l'autor de correspondència, incloent necessàriament una adreça de correu electrònic del mateix.

A la pàgina de resums, i per aquest ordre, el resum en la llengua de treball, en català (si escau) i en anglès (si escau), (mida de font 9 punts, sense posar el títol d'aquests apartats). El/s resum/s en llengua diferent a la del treball contindran el títol del treball en MAJÚSCULES a la primera oració, iniciant-se el resum després d'un punt i seguit. Cap dels resums superarà les 250 paraules. No inclourà punts i apart. S'evitarà utilitzar referències. Els resums han de ser clars, concisos i han d'especificar l'interès del treball per a la comunitat científica, així com les principals conclusions assolides.

- Seguirà a tots els resums un paràgraf iniciat per "**Paraules clau:**", seguit de 3 a 9 paraules clau en *cursiva*, separades per punt i coma (;) i que reflectiran el contingut del treball.

En l'apartat de Material i Mètodes s'inclourà, el *software* i instruments específics utilitzats: nom/model, marca, ciutat i país.

Nomenclatura i unitats: sempre les del Sistema Internacional (<http://www.bipm.org/en/si>), i utilitzant les normes per abreviatures i símbols de la IUPAC-IUBMB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (<http://www.iupac.org>).

Referències dins el text: s'ordenaran per ordre cronològic, de la més antiga a la més moderna. Les cites amb un o dos autors (o les de més autors amb el mateix primer autor) que coincideixin en l'any es diferenciaran afegint lletres minúscules a l'any (a, b, c...) sense espai.

Les cites es realitzaran de la forma habitual: "...establerta per Bourrouilh (1973)"; "...segons Colom (1978a)..."; "...són components habituals d'aquesta fauna (Adrover *et al.*,

1977).”; “S’han proposat nous models d’especiació (Dieckmann i Dobeli, 1999; Gavrillets i Vose, 2007),...”.

Les referències citades al treball s’inclouran a l’apartat de Referències citades. Comprovi’s que totes les cites que apareixen al text es troben a aquest apartat i a la inversa. Les referències es llistaran alfabèticament per cognom del primer autor. En cas de coincidència s’ordenaran per any (primer el més antic). Tingui’s en compte el punt anterior si segueix la coincidència. El format de les referències al llistat serà segons:

- Articles en revistes: Vericad, M., Stafforini, M. i Torres, N. 2003. Notes florístiques de les Illes Balears (XVII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 145-151.
- Llibres i altres publicacions no periòdiques: Brown, J.H. i Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland. 692 pp.
- Treballs de contribució a jornades o llibres amb editor: Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P., Roig-Munar, F.X. i Estaún, I. 2004b. Avaluació de l’estat dels sistemes dunars de Menorca. In: Pons, G.X. (ed.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.
- Obres completes: Castroviejo, S. (coord.). 1984-2009. *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico de Madrid, C.S.I.C. Madrid.
- Treballs inèdits o tesis doctorals: Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesis Doctoral, 2 vols. Universitat de les Illes Balears. Inèdita.
- Referència revista digital: Mayol, J., Oliver, J., Ramos, I., Fortesa, V. i Muntaner, J. (eds.). 2006. *CiberEspècies. Bolletí electrònic del Servei de Protecció d’Espècies*, 17. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. <http://dgcapea.caib.es/index.ca.htm>
- Referència web: Google maps. 2009. <http://maps.google.es>

L’extensió màxima de l’article serà de 20 pàgines. La Junta de Publicacions se reserva la possibilitat excepcional de publicar articles més extensos.

Les taules aniran precedides del seu peu de pàgina. No s’utilitzaran superíndexs.

Les il·lustracions han d’estar citades al text, han de ser necessàries per la correcta interpretació dels resultats del treball, incloent-ne el mínim possible. No han de ser redundants.

- Al text, les figures (mapes, gràfiques, làmines, fotografies,...) han de numerar-se correlativament mitjançant Fig. 1, Fig. 2,... En cas de figures que incloguin varies parts, s’anomenaran A, B, C, D,... quedant reflectit què és cadascuna al peu de figura, i essent citades totes les parts al text (Fig. 1A, Fig. 1B,...; ò Fig. 1A,B, Fig. 1B,D; ò Fig. 1A-D,...). Per a les taules (taules, quadres, llistes...), Taula 1, Taula 2,...
- La seva mida ha d’ajustar-se a la caixa del Bolletí (18 x 12,5 cm) o preveure (especialment per als retolats interiors) la possibilitat d’ampliacions o reduccions. La publicació d’il·lustracions de format no ajustable a la caixa del Bolletí anirà a càrrec dels autors, així com les figures en color.

- Les il·lustracions es presentaran preferentment en format digital [.tiff] de resolució 300 ppp, i separades del text general. S'acceptarà format [.jpg] d'alta resolució si la qualitat d'impressió és similar a la anteriorment esmentada.
- En cas de gràfiques o figures creades amb software que no permeti exportació directa a format [.tiff] (p.e. Microsoft Excel), s'enviarà en el format típic de dit software (p.e. format [.xls]), mai incrustada al manuscrit.
- Els peus de figura es presentaran de forma consecutiva i inclosos en l'arxiu de text. Estaran redactats en la llengua del treball i en anglès (aquest darrer en *cursiva*).
- En el text general es pot d'indicar la situació en la que, segons els autors, s'hauria d'intercalar cada taula o figura.

Cada treball es remetrà, per al seu arbitratge, a dos especialistes en la matèria corresponent, que assessoraran la Junta de Publicacions. La decisió final de la publicació d'un article és responsabilitat exclusiva de la Junta de Publicacions.

Els treballs es publicaran segons rigorós ordre d'acceptació.

L'autor de correspondència que s'hagi indicat rebrà:

- Per correu electrònic, la confirmació de la recepció del manuscrit per part de l'editorial del Bolletí.
- Una prova d'impremta per a la correcció d'errates i, després de la publicació de l'article.

Els originals de cada article quedaran en propietat de la Societat d'Història Natural de les Balears.

L'acceptació de les anteriors normes i de les indicacions de la Junta de Publicacions és imprescindible per la publicació en el *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*.

## Normas de publicación del *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

**Editado por:** Guillem X. Pons  
**Contacto:** publicacions@shnb.org  
C/ Margarida Xirgu, 16 baixos.  
07011-Palma de Mallorca. Illes Balears (Spain).  
**ISSN:** 0212-260X  
**Frecuencia:** Anual

El *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* publica trabajos científicos originales sobre Historia Natural en sentido amplio, con especial énfasis en la región del Mediterráneo occidental.

Se recomienda a los autores la lectura del último número del *Bolletí* para una orientación general sobre el estilo y presentación formal. De cualquier forma, los trabajos estarán estructurados en apartados y se ajustarán a las siguientes normas:

### Normas generales

Todo manuscrito se presentará en forma de un único archivo de texto que contendrá, por orden:

- Página inicial, que incluirá: Título, Título abreviado, Autor/es y Adscripción del autor/es.
- Página de resúmenes, que incluirá: Resumen en la lengua de redacción del trabajo, Resumen en catalán, Resumen en inglés. Cada resumen irá acompañado de las Palabras clave.
- Manuscrito, iniciándose en una nueva página, y que incluirá de forma continua los siguientes apartados: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión (que puede juntarse con los resultados en un único apartado), Agradecimientos, Referencias citadas.
- Pies de las figures, iniciándose en una nueva página y todos seguidos. Se redactarán en la lengua usada en el manuscrito y seguidamente en inglés.
- Tablas, cada cual precedida del Pie de tabla correspondiente, incluyendo una tabla por página. Los pies se redactarán en la lengua usada en el manuscrito i seguidamente en inglés.

- En caso de incluir apéndices o material adjunto, este irá al final del archivo y cada uno empezará en una página distinta.

Se incluirá el número de página en todo el manuscrito, en el margen superior derecho. En ningún caso se incluirán figuras en el archivo de texto. Las figuras se presentarán en archivos individuales nombrados “Fig\_1”, “Fig\_2”, etc.

Para las tablas, figuras, dimensiones del trabajo, etc., téngase en cuenta que la caja del *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* es de 18 x 12,5 cm.

### **Normas específicas**

Cada manuscrito (y archivos de texto adjuntos) se presentará en formato digital no protegido, en Microsoft Word [.doc] o cualquier otro editor de texto compatible. También se podrá presentar en formato de texto enriquecido [.rtf].

El manuscrito y material adjunto puede remitirse:

- Por correo electrónico, a la dirección [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org). Desde esta dirección se enviará una confirmación de la recepción del manuscrito.
- Grabado en un CD o DVD y enviado por correo regular a la SHNB: Calle Margarida Xirgu, 16 bajos. 07011-Palma de Mallorca. Illes Balears. España.
- En papel, enviado a la dirección postal anterior. Se presentará, para cada uno de los manuscritos, un original y dos copias, en hojas DIN A4, mecanografiadas por una sola cara, a doble espacio y con un máximo de 70 caracteres por línea y 30 líneas por página.

La tipografía utilizada en el texto debe ser la siguiente:

- Interlineado simple, justificado a la izquierda y con un margen mínimo de 2,5 cm en todos los lados. Paginación continua sin ningún tipo de edición.
- Texto general: redondas, fuente Times New Roman, tamaño de fuente 10 puntos.
- Especies y géneros: *cursiva*.
- Resúmenes y palabras clave: tamaño de fuente 9 puntos. Palabras clave en *cursiva* (especies y géneros redondas).
- Apartados: minúsculas (tipo oración) y **negrita**, tamaño de fuente 11 puntos, separados una línea del texto. Únicamente serán, y en este orden: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión (o Resultados y discusión), Agradecimientos, Referencias citadas y Apéndices.
- Subapartados (reducidos al mínimo imprescindible): los primeros en minúsculas (tipo oración) y **negrita**, tamaño de fuente 10 puntos. Los segundos en minúsculas (tipo oración) y **negrita**, tamaño de fuente 10 puntos. En todos los casos el texto empezará en la línea siguiente al título del subapartado.

El texto puede estar redactado en cualquier lengua moderna.

- Se recomienda la no utilización de términos políticos (vgr. España, Cataluña), en favor de los geográficos (vgr. Península Ibérica, Mediterráneo occidental).

Los táxones o sintáxones deben ir acompañados de los autores de la descripción o combinación la primera vez que se citan en el texto.

Los latinismos y anglicismos irán siempre en *cursiva*, incluyendo abreviaciones (p.e. *et al.*, *foredune*, *in situ*).

En la página inicial de cada manuscrito, en párrafos separados y en este orden, debe constar:

- Título (tamaño de fuente 14 puntos, **negrita**).
- Título abreviado, que la editorial del *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* colocará en el encabezado de las páginas del trabajo (tamaño de fuente 10 puntos).
- Nombre completo del autor/es, seguido del primer apellido en MAYÚSCULAS (tamaño de fuente 12 puntos), en el orden en que firmen el trabajo. Si el autor así lo desea, puede incluirse también el segundo apellido uniéndolo al primero mediante un guión. No se utilizarán superíndices.
- Nombre completo y dirección postal de cada uno de los autores (tamaño de fuente 9 puntos), separados por punto y seguido. Debe indicarse un autor de correspondencia, incluyendo necesariamente una dirección de correo electrónico del mismo.

En la página de resúmenes, y por este orden, en resumen en la lengua del trabajo, en catalán (si corresponde) y en inglés (si corresponde), (tamaño de fuente 9 puntos, sin poner el título en estos apartados). El/los resumen/es en lengua diferente a la del trabajo contendrán el título del trabajo en MAYÚSCULAS en la primera oración, iniciándose el resumen después de un punto y seguido. Ninguno de los resúmenes superará las 250 palabras. No incluirá puntos y aparte. Se evitará utilizar referencias. Los resúmenes deben ser claros, concisos y deben especificar el interés del trabajo para la comunidad científica, así como las principales conclusiones obtenidas.

- Seguirá a todos los resúmenes un párrafo iniciado por “**Palabras clave:**”, seguido de 3 a 9 palabras clave en *cursiva*, separadas por punto y coma (;) y que reflejarán el contenido del trabajo.

En el apartado de Material y métodos se incluirá, el *software* e instrumentos específicos utilizados: nombre/modelo, marca, ciudad y país.

Nomenclatura y unidades: siempre las del Sistema Internacional (<http://www.bipm.org/en/si>), y utilizando las normas para abreviaturas y símbolos de la IUPAC-IUBMB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (<http://www.iupac.org>).

Referencias dentro del texto: se ordenarán por orden cronológico, de la más antigua a la más moderna. Las citas con uno o dos autores (o las de más autores con el mismo primer autor) que coincidan en el año se diferenciarán añadiendo letras minúsculas al año (a, b, c...) sin espacio.



Las citas se realizarán de la forma habitual: "...establecida por Bourrouillh (1973)"; "...según Colom (1978a)..."; "...son componentes habituales de esta fauna (Adrover *et al.*, 1977)."; "Se han propuesto nuevos modelos de especiación (Dieckmann y Dobeli, 1999; Gavrilets y Vose, 2007),...".

Las referencias citadas en el trabajo se incluirán en el apartado de Referencias citadas. Compruébese que todas las citas que aparecen en el texto aparecen en este apartado y viceversa. Las referencias se listarán de forma alfabética según apellido del primer autor. En caso de coincidencia se ordenarán por año (primero el más antiguo). Téngase en cuenta el punto anterior si persiste la coincidencia. El formato de las referencias en el listado será según:

- Artículos en revistas: Vericad, M., Stafforini, M. y Torres, N. 2003. Notes florístiques de les Illes Balears (XVII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 145-151.
- Libros y otras publicaciones no periódicas: Brown, J.H. y Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland. 692 pp.
- Contribuciones a jornadas o libros con editor: Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P., Roig-Munar, F.X. y Estaún, I. 2004b. Avaluació de l'estat dels sistemes dunars de Menorca. In: Pons, G.X. (ed.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.
- Obras completas: Castroviejo, S. (coord.). 1984-2009. *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico de Madrid, C.S.I.C. Madrid.
- Trabajos inéditos o tesis doctorales: Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesis Doctoral, 2 vols. Universitat de les Illes Balears. **Inédito**.
- Referencia revista digital: Mayol, J., Oliver, J., Ramos, I., Fortesa, V. y Muntaner, J. (eds.). 2006. *CiberEspècies. Bolletí electrònic del Servei de Protecció d'Espècies*, 17. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. <http://dgcapea.caib.es/index.ca.htm>
- Referencia web: Google maps. 2009. <http://maps.google.es>

La extensión máxima del artículo será de 20 páginas. La Junta de Publicaciones se reserva la posibilidad excepcional de publicar artículos más extensos.

Las tablas irán precedidas de su pie de página. No se utilizarán superíndices.

Las figuras deben estar citadas en el texto y deben ser necesarias para la correcta interpretación de los resultados del trabajo, incluyendo el mínimo posible. No deben ser redundantes.

- En el texto, las figuras (mapas, gráficos, láminas, fotografías,...) deben numerarse correlativamente como Fig. 1, Fig. 2,... En el caso de figuras que incluyan varias partes, se indicarán como A, B, C, D,... quedando indicado que es cada cual en el pie de figura, y estando citadas todas las partes en el texto (Fig. 1A, Fig. 1B,...; o Fig. 1A,B, Fig. 1B,D; o Fig. 1A-D,...). Para las tablas (tablas, cuadros, listas...), Tabla 1, Tabla 2,...
- Sus dimensiones deben ajustarse a la caja del *Bolletí* (18 x 12,5 cm) o prever (especialmente para las incluidas en el texto) la posibilidad de ampliaciones y

- reducciones. La publicación de figuras de formato no ajustable a la caja del *Bolletí* irá a cargo de los autores, así como las figuras o tablas en color.
- Las figuras se presentarán preferentemente en formato digital [.tiff] de resolución 300 ppp, y separadas del texto general. Se aceptará formato [.jpg] de alta resolución si la calidad de impresión es similar a la anteriormente indicada.
  - En el caso de gráficos o figuras creadas con software que no permita exportación directa a formato [.tiff] (p.e. Microsoft Excel), se enviarán en el formato típico de dicho software (p.e. formato [.xls]), nunca incrustadas en el manuscrito.
  - Los pies de figura se presentarán de forma consecutiva y incluidos en el archivo de texto. Estarán redactados en la lengua del trabajo y en inglés (este último en *cursiva*).
  - En el texto general se puede indicar la situación en la que, según los autores, debería intercalarse cada tabla o figura.

Cada trabajo será remitido, para su revisión, a dos especialistas en la materia correspondiente, que asesorarán a la Junta de Publicaciones. La decisión final de la publicación de un artículo es responsabilidad exclusiva de la Junta de Publicaciones.

Los trabajos se publicarán según riguroso orden de aceptación.

El autor de correspondencia indicado recibirá:

- Por correo electrónico, la confirmación de la recepción del manuscrito por parte de la editorial del *Bolletí*.
- Una prueba de imprenta para la corrección de erratas y, después de la publicación del artículo.

Los originales de cada artículo quedarán en propiedad de la Societat d'Història Natural de les Balears.

La aceptación de las anteriores normas y de las indicaciones de la Junta de Publicaciones es imprescindible para la publicación en el *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*.

## Author guidelines for the *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

**Edited by:** Guillem X. Pons  
**Contact:** [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org)  
C/ Margarida Xirgu, 16 baixos.  
07011-Palma de Mallorca. Illes Balears (Spain).  
**ISSN:** 0212-260X  
**Frequency:** Anual

### Statement of scope

The *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* publishes original works on natural history in a broad sense, with special emphasis on the Western Mediterranean region.

Authors are recommended to check on the last issue of the *Bolletí* for style and formal presentation. In any case, it is advisable to break down manuscripts into sections following the instructions below:

### Main guidelines

Each manuscript (MS) will be submitted as a single text file containing, in this order:

- First page, including: Title, Running title, Author/s and Author's adscription.
- Abstracts page: Abstract in the MS language, Abstract in Catalan, Abstract in English. Each abstract will be followed by Keywords.
- MS text, starting in a new page, and including in a continuous fashion: Introduction, Materials and methods, Results, Discussion (which can be combined in a single "Results and discussion" section), Acknowledgements, Reference list.
- Figure legends, in a new page each. They should be written in the MS language followed by its English translation when needed.
- Tables, each one in a single page, followed by its legend, written in the MS language and followed by its English translation when needed.
- If appendices or attached material should to be included, it will appear at the end of the MS, starting each section in a new page.

Page numbers should be included in top right margin for the entire MS. Figures should not be included in the MS file and should be submitted as separate files named as “Fig\_1”, “Fig\_2”, etc., following the order discussed in the text.

For tables, figures, MS dimensions, etc., notice that the dimensions of the *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* box are 18 x 12,5 cm.

### **Specific guidelines**

Each of the works (MS and attached text files) should be submitted in non-protected digital format, in Microsoft Word [.doc] or any other compatible text editor. Rich text format [.rtf] is also accepted.

MS and attached files should be sent:

- By e-mail, to the address [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org). Corresponding author will receive confirmation of the submission from this address.
- In a CD o DVD, sent by regular mail to the SHNB: Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. E-07011. Palma de Mallorca. Illes Balears. Spain.
- In paper format, sent to the mail address above. Authors must include the original MS and two copies on DIN A4 sheets, typed on one side, double spaced, and with a maximum of 70 characters per line and 30 lines per page.

Typesetting for the text will be the following:

- Single-spaced, left justified margin in all the MS, leaving 2,5 cm margin on all sides. Continuous pagination without any edition is required.
- General text: roman standard type, font Times New Roman, size 10.
- Species and genera: *italics*.
- Abstracts and keywords: size font 9. Keywords in *italics* (then species and genera in roman standard type).
- Headings: small case (sentence-style) and **bold**, size font 11. Text starts two lines below the heading. Included headings and order must always be: Introduction, Material & methods, Results, Discussion (or Results and discussion), Acknowledgements, Reference list, and Appendix.
- Subheadings (as few as possible): first ones in small case (sentence-style) and **bold**, size font 10. Second ones in small case (sentence-style) and *italics*, size font 10. In all cases, text starts in the line below the subheading.

Text can be written in any modern language.

- Geographical terms (e.g. Iberian Peninsula, Western Mediterranean) are encouraged in preference to political ones such as Spain.

Taxa and sintaxa must be followed by their correspondent authors the first time they appear in the text.

Latin terms, or terms in a language other than the used in the MS, will always be in *italics*, including abbreviations (i.e. *et al.*, *foredune*, *in situ*).

In the first page of each MS, in separate paragraphs and in the following order, authors must include:

- Title (sentence-style, centered, size font 14, **bold**).
- Running title, that the *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* editorial will place in the top of the pages (size font 10).
- Full spelled name(s) of author(s), followed by the surname in CASE (size font 12), in the desired authorship order. If desired, second surnames can be included if added to the first one with a hyphen. No superscript will be used.
- Complete name and postal address of all authors (size font 9), separated by a full end. Corresponding author must be indicated, always including the corresponding e-mail address for contact.

In the abstracts page, and in the following order: abstract in the MS writing letter, abstract in Catalan (if needed) and abstract in English (if needed) (size font 9, without including “Abstract” heading). Abstracts in language different than the MS writing one will include, as the first sentence and in CASE, the title of the MS. Abstract will start after full stop. Any abstract will exceed 250 words. It must be written in a single paragraph. References must be avoided. Abstracts must be clear, concise, and inform about the interest of the presented work for the scientific community, as well as main conclusions obtained.

- All abstracts will be followed by a paragraph starting with “**Keywords:**“ and 3 to 9 keywords in italics, separated by semicolon (;) and reflecting the contents of the work.

Material and methods section will include name/model, brand, city and country of all used software and specific instruments.

Nomenclature and units: always following the International System (<http://www.bipm.org/en/si>), and using rules, abbreviations and symbols of the IUPAC-IUBMB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (<http://www.iupac.org>).

References into the text: in chronological order, from oldest to newest. Citations with one or two authors (or more authors but with the same first author) coinciding in the publication year, will be distinguished adding small case letters (a, b, c,...) without blank.

Citations in the text will follow: “...stablished by Rodríguez-Perea (1990)”;

“...following Margalef (1978a)...”;

“...are common components of this fauna (Adrover *et al.*, 1977).”;

“New models of speciation have been postulated (Dieckmann and Dobeli, 1999; Gavrilets and Vose, 2007),...”.

References cited in the text will be included in the Reference list section. Make sure that all citations in the text appear in the Reference list and inversely. References will be in alphabetic order with respect to first author’s surname. In case of references of the same

author(s), they will be ordered by publication year (older ones first). Keep in mind the point above if coincidence still persists. Reference format in the listing must follow:

- Original papers: Vericad, M., Stafforini, M. and Torres, N. 2003. Notes floristiques de les Illes Balears (XVII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 145-151.
- Books and non-periodical publications: Brown, J.H. and Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland. 692 pp.
- Meeting contributions or books with editor: Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P., Roig-Munar, F.X. and Estaún, I. 2004b. Avaluació de l'estat dels sistemes dunars de Menorca. In: Pons, G.X. (ed.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.
- Complete works: Castroviejo, S. (coord.). 1984-2009. *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico de Madrid, C.S.I.C. Madrid.
- Unpublished works or PhD thesis: Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesi Doctoral, 2 vols. Universitat de les Illes Balears. **Unpublished.**
- Digital journals and publications: Mayol, J., Oliver, J., Ramos, I., Fortesa, V. and Muntaner, J. (eds.). 2006. *CiberEspècies. Bolletí electrònic del Servei de Protecció d'Espècies*, 17. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. <http://dgcapea.caib.es/index.ca.htm>
- Web references: Google maps. 2009. <http://maps.google.es>

The maximum length of the MS will be 20 pages, although the Editorial Committee can decide to publish eventually longer works.

Each table will be followed by the corresponding footnote. No superscript will be used.

Figures must be cited in the text, must be needed to correctly interpret the results, and must be as few as possible. No repeated data should be presented in tables and figures.

- In the text, figures (maps, plots, laminas, photographs,...) must be correlatively numbered following: Fig. 1, Fig. 2,... In case of including several parts, include A, B, C, D,... with explicit explanation for each one in the footnote or legend. They all must be cited in the text (Fig. 1A, Fig. 1B,...; ò Fig. 1A,B, Fig. 1B,D; ò Fig. 1A-D,...). For tables (tables, boxes, lists...), Table 1, Table 2,...
- Figure dimensions must fit the *Bolletí* (18 x 12,5 cm) or anticipate (specially for figures to be included in the text) the possibility for extension or reduction. Publication of figures not fitting the *Bolletí* dimensions will be paid by the authors, as well as colour printings
- Figures will be submitted in digital format, with [.tiff] format preferred and 300 dpi, and always separated from the text file. High resolution [.jpg] will be accepted if printing quality is similar to the former one.
- In case of figures created in a software not allowing direct export to [.tiff] format (e.g. Microsoft Excel), original software format file including the figure will be sent (e.g., the [.xls] file). It will never be embedded in the MS text file.

- Figure legends will be presented consecutively, and included in the text file. They will be written in the MS language and in English (in *italics*), if needed.
- In the text, authors can indicate the desired position for each of the tables and figures.

For a review, each work will be sent to two specialists that will assess the Editorial Committee. Final decision for a work publication is always responsibility of the Editorial Committee.

Works will be published in strict acceptance order.

Correspondence author will receive:

- By e-mail, la confirmation of the work reception by the Editorial Committee of the *Bolletí*.
- A printproof copy for *erratum* correction and, after publication of the paper.

Original documents will remain as property of the Societat d'Història Natural de les Balears.

Acceptation of all the guidelines above and the indications of the Editorial Committee is essential for publishing in the *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*.





<b>Rodríguez-Florit, A., Menció, A. i Brusi, D.</b> Anàlisi de la intrusió marina derivada de l'extracció d'aigua per a l'abastament urbà a Ciutadella (Menorca, Illes Balears, Mediterrània Occidental). <i>Analysis of seawater intrusion resulting from the extraction of urban water supply in Ciutadella (Menorca, Balearic Islands, Western Mediterranean)</i> .....	123
<b>Johnson, L., Pons, G.X. i Roig-Munar, F.X.</b> L'eriçó africà, <i>Atelerix algirus</i> (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), i els passos de bestiar canadencs del Cap de Cavalleria (Es Mercadal, Menorca). <i>The Algerian Hedgehog, Atelerix algirus (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae), and cattle grid in the road of the cap de Cavalleria (es Mercadal, Menorca)</i> .....	139
<b>Terrados, J., Diedrich, A., Arroyo, N.L. and Balaguer, P.</b> Recreational boaters support the use of mooring buoys to reduce anchor damage to <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile meadows. <i>Recolzament dels usuaris nàutics recreatius per a l'ús de boies de fondeig per a la reducció de l'impacte del fondeig sobre les praderes de Posidonia oceanica (L.) Delile</i> .....	149
<b>Vicens, D.</b> Els jaciments de platja pleistocens entre Cap Ferrutx i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental). <i>Quaternary beach deposits in Artà between Ferrutx Cape and Cala Torta (Mallorca, Western Mediterranean)</i> .....	163
<b>Ramis, D. i Anglada, M.</b> Una aproximació a l'explotació dels recursos faunístics a Menorca Durant l'edat del Bronze: la naveta de cala Blanca (Ciutadella). <i>An approach to the use of faunal resources in Menorca during the Bronze age</i> .....	175
<b>Vicens, D. i Pons, G.X.</b> Els fòssils del Pleistocè superior procedents de jaciments de les Illes Balears a les col·leccions històriques de la Societat de les Illes Balears (SHNB). Ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda). <i>The fossils from Upper Pleistocene sites of the Balearic Islands in the historical collections of the Natural History Society of the Balearic Islands (SHNB). Order archaeogastropoda (Class Gastropoda)</i> .....	199
<b>Altres</b>	
<i>In memoriam</i> Bartomeu Barceló i Pons, geògraf (1932-2012) per Vicenç M. Rosselló i Verger .....	211
Normes de Publicació del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	215
Normas de Publicación del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	220
Publication rules of the <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	225

Els articles apareguts en el *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* estan recollits en els següents resums i bases de dades: ICYT, PASCAL, GEOREF, GEOBASE, BIOSIS, ENVIRONMENT ABSTRACTS, ENVIROLINE, GEOLOGICAL ABSTRACTS, ZOOLOGICAL RECORD

## INDEX

### Editorial

- Bosch, R., Brunet-Galmés, I., Mas-Lladó, M., Alejandro-Marín, C.M., Jaen-Luchoro, D., Prince, C., Ramon, C., Busquets, A., Gomila, M., Mulet, M., Peña, A., Bennasar, A., García-Valdés, E., Nogales, B., Lalucat, J.** Degradació aeròbica d'hidrocarburs aromàtics per *Pseudomonas* i *Roseobacters*.  
*Aerobic aromatic hydrocarbon degradation by Pseudomonas and Roseobacters* ..... 9

### Articles

- Carbonell, A. and Mallol, S.** Differences between demersal fisheries discards: high and low productivity in zones of the Northwestern Mediterranean Sea.  
*Diferències en els rebuigs de les pesques demersals per hàbitat: comparació entre zones amb alta i baixa productivitat en el nordoest de la mar Mediterrània* ..... 25
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. i Mir-Gual, M.** Morfogènesi i dinàmica de la platja d'es Codolar (Eivissa, Illes Balears).  
*Morphogenesis and dynamics of es Codolar beach (Ibiza, Balearic Islands)* ..... 47
- Abril, S. i Gómez, C.** Distribució i grau d'invasió de la formiga argentina (*Linepithema humile*, Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) al Parc Natural de s'Albufera des Grau, Menorca (Illes Balears).  
*Distribution and degree of invasion of the argentine ant (Linepithema humile Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in the s'Albufera des Grau Natural Park of Minorca (Balearic Islands)* ..... 63
- Roig-Munar, F.X., Pons, G.X. i Comas-Lamarca, E.** Anàlisi de la mortalitat de vertebrats a les carreteres de Menorca.  
*Analysis of the vertebrates mortality in the roads of Menorca* ..... 75
- Palmer, M., Pons, G.X., Outerelo, R., Vives, E., Bellés, X., Garcia, L., Linde, M., Gómez-Pujol, L. i March, D.** Mapping species richness of endemic macroinvertebrates by overlapping distribution maps.  
*Cartografia de la riquesa d'endemismes invertebrats per superposició de mapes de distribució* ..... 99

(segueix al dors)