



Bolletí de la
Societat d'Història Natural de les Balears

ISSN 0212-260X
Volum 59 (2016)
Palma de Mallorca

BSHN

Aegypius monachus, L. 1766 (vultur negre). Fotografia de Miquel A. Gual



59

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

Pau Balaguer Huguet
Miquel A. Conesa i Muñoz
Lluís Gómez-Pujol
Amàlia Grau i Jofre
Natàlia Llorente Nosti
Miquel Mir Gual
Miguel McMinn Grivé

Junta Directiva

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

BOLLETÍ
de la
SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL
DE LES BALEARS
59 (2016)

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



Vol. 59 (2016)

SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

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

**Data de publicació: desembre 2016
Palma de Mallorca
ISSN 0212-260X**

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

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. P.J. Brunet (Univ. Illes Balears)
Dr. M.A. Carretero (Univ. de Barcelona)
Dr. M.A. Calvo (Univ. Autònoma de Barcelona)
Dr. F. de Pablo (Insitut Menorquí d'Estudis)
Dr. J.G. Esteban (Univ. de València)
Dr. J. Ferrer (Naturhis, Riskmuseet, Stockholm)
Dr. Joan J. Fornós (Univ. Illes Balears)
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. E. Laguna (Generalitat Valenciana)
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 (Soc. Hist. Nat. Balears)
Dr. J.A. Morales (Univ. de Huelva)
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)
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)
Dr.. D. Vicens (Soc. Hist. Nat. Balears)

Index

Articles

- Valencia, J. M^a, Bassitta, M., Picornell, A., Ramon. C. i Castro, J.A.** 9
Caracterització histològica i genètica de *Perkinsus mediterraneus* de les Illes Balears a diferents espècies de mol·luscs bivalves.
Perkinsus mediterraneus histological and genetic characterization in several bivalve species from Balearic Islands.
- Altmiras, J., Casassas, E. i Quintana, J.** 35
Una nova població de *Discus* (*Gonyodiscus*) *rotundatus* (O. F. Müller, 1774) (Pulmonata: Discidae) a Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental).
A new population of Discus (Gonyodiscus) rotundatus (O. F. Müller, 1774) (Pulmonata: Discidae) in Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean).
- Juárez, J. i Matamales-Andreu, R.** 39
Tàxons inèdits o poc coneguts per al Pleistocè superior litoral de Mallorca (Illes Balears, Mediterrani occidental) i consideracions sobre alguns jaciments.
New or little known taxa for the coastal late Pleistocene of Majorca (Balearic Islands, Western Mediterranean) and considerations on some localities.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Vilaplana, J.M. i Gelabert, B.** 69
Blocs amb origen tsunamític a les costes rocoses del Nord-est de Mallorca (Illes Balears).
Tsunami blocks on rocky shores north-east of Majorca (Balearic Islands).
- Rosselló, R. i Bover, J.** 89
Notícies històriques sobre el comerç de les plomes a les Illes Balears entre els segles XIV-XVI.
News on historical trading down to the feathers in the Balearic Islands (XIX-XVI centuries).
- Bover, J.** 105
Nota històrica sobre uns ous d'estruç (*Ovum struthionis*) a Mallorca (segles XIV-XV).
Historical note about ostrich eggs (Ovum struthionis) in Mallorca (XIV-XV centuries).
- Rosselló, R. i Bover, J.** 111
Notícies històriques sobre l'extermini dels animals nocius a Mallorca.
Historical news about the extermination of harmful animals in Mallorca.
- Mestre, C., Pieras-Sargadoy, J. i Rosselló-Melis, R.** 129
Anàlisi diacrònica (1956-2010) de la fletxa litoral de El Rompido (Huelva) a través de SIG: afecció antròpica en la seva evolució morfosedimentària.
Diachronic analysis (1956-2010) of El Rompido spit (Huelva) through a GIS. Anthropic consequences in its morphosedimentary evolution.
- Pomar, F., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. i del Valle, L.** 147
Dipòsits

| | |
|--|-----|
| d'interferència eòlic-al·luvial al Pleistocè superior de les Illes Balears (Mallorca i Menorca, Mediterrània occidental): sedimentologia i implicacions paleoambientals | |
| <i>Late pleistocene aeolian-alluvial interference deposits in the Balearic Islands (Mallorca and Menorca, Western Mediterranean): sedimentology and palaeoenvironmental implications</i> | |
| Fontaine, L., Hayen, R., Van Strydonck, M., De Mulder, G. and Anglada Fontestad, M. Provenance study of the limestone used in the cremation rite: the case of Cova de sa Prior (Binigaus, Menorca). | 187 |
| <i>Procedència de la calcària utilitzada en el ritual de cremació: el cas de cova de sa Prior (Binigaus, Menorca).</i> | |
| Riddiford, N. J. and Liston, A. D. Sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of the Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. | 203 |
| <i>Els Símfits (Hymenoptera: Symphyta) del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca.</i> | |
| Altres | |
| Normes de Publicació del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . | 213 |
| Normas de Publicación del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . | 218 |
| Publication rules of the <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . | 223 |

Caracterització histològica i genètica de *Perkinsus mediterraneus* de les Illes Balears a diferents espècies de mol·luscs bivalves

José M^a VALENCIA, Marta BASSITTA, Antònia PICORNELL,
Cori RAMON i José Aurelio CASTRO

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Valencia, J. M^a, Bassitta, M., Picornell, A., Ramon, C. i Castro, J.A. 2016. Caracterització histològica i genètica de *Perkinsus mediterraneus* de les Illes Balears a diferents espècies de mol·luscs bivalves. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 9-33. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Perkinsus mediterraneus infecta, sense mortalitats associades, a una gran varietat de mol·luscs bivalves a l'arxipèlag balear: *Ostrea edulis*, *Mimachlamys varia*, *Arca noae*, *Chamelea gallina*, *Pinna nobilis* i *Venus verrucosa*. La detecció de *Perkinsus* spp. s'ha realitzat mitjançant RFTM i la determinació de l'espècie per PCR-RFLP i seqüenciació. Els nostres resultats han indicat l'existència a Balears de 12 haplotips de *P. mediterraneus* amb una elevada similitud genètica. Les anàlisis filogenètiques han detectat tres grups diferents d'*O. edulis* a l'illa de Menorca, que es diferencien d'altres llinatges coespecífics. Les anàlisis recolzen aquesta diferenciació entre les poblacions de Menorca i Mallorca, la qual sembla, en bona part deguda a l'aïllament geogràfic del port de Maó. Malgrat això, altres factors, com la variabilitat ambiental, diferents localitats i dates de detecció, la translocació d'animals, l'activitat humana, etc. poden tenir certa influència. Malgrat que hi ha co-infeccions a l'escopinya gravada del port de Maó amb *P. olseni* i *P. mediterraneus*, no n'hem trobat cap cas, ni tampoc bivalves afectats per *P. chesapeaki*, espècie que recentment s'ha detectat al delta de l'Ebre. Amb aquest treball es determina la distribució geogràfica de *P. mediterraneus*, les espècies afectades, la seva variabilitat genètica, la seva prevalença i la dinàmica de la infecció.

Paraules clau: *Perkinsus mediterraneus*, mol·luscs bivalves, Illes Balears, Espaiador transcrit intern, RFTM, RFLP, Arbres filogenètics, Hipnòspores, Trofozoïts.

PERKINSUS MEDITERRANEUS HISTOLOGICAL AND GENETIC CHARACTERIZATION IN SEVERAL BIVALVE SPECIES FROM BALEARIC ISLANDS. A wide bivalve mollusc variety is infected by *Perkinsus mediterraneus* in Balearic Islands: *Ostrea edulis*, *Mimachlamys varia*, *Arca noae*, *Chamelea gallina*, *Pinna nobilis* and *Venus verrucosa*. *Perkinsus* spp. search was performed using RFTM and species was established by PCR-RFLP and sequencing. We have found 12 *P. mediterraneus* haplotypes, all of them sharing a high similarity. Three groups of *O. edulis* from Minorca were revealed by phylogenetic analyses which are different from other co-specific lineages. Analysis supported this differentiation among populations from Minorca and Majorca. This differentiation could be due to Mahon harbour geographic isolation. Nevertheless, other factors, such as environmental variability, different detection locations and dates, animal translocations, human activity, etc., might also have some influence. Although it is known that co-infections between *P. olseni* and *P. mediterraneus* can happen in *Venus verrucosa* from Mahon harbour, we have not found any occurrence. Furthermore, we have not detected infection by *P. chesapeaki*, although it has been found in the Ebro delta. This work establishes distribution, affected species, their genetic variability, its prevalence and the infection dynamics by *P. mediterraneus*.

Key words: *Perkinsus mediterraneus*, bivalve molluscs, Balearic Islands, Internal transcribed spacer, RFTM, RFLP, Phylogenetics trees, Hyphospores, Trophozoites.

José M^a VALENCIA, *Laboratori d'Investigacions Marines i Aqüicultura (LIMIA), Av. Enginyer Gabriel Roca, 69, Port d'Andratx, Illes Balears, 07158, Spain. jmvalencia@dgpesca.caib.es.* Marta BASSITTA, Antònia PICORNELL, Cori RAMON, José Aurelio CASTRO, *Laboratori de Genètica, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears, Campus de la UIB, Palma de Mallorca, Illes Balears, 07122, Spain.*

Recepció del manuscrit: 15-juny-16; revisió acceptada: 6-juliol-16.

Introducció

La perkinsosis és una malaltia epidèmica dels mol·luscs marins causada per protozous paràsits del gènere *Perkinsus*. S'han associat a mortalitats elevades de mol·luscs d'importància comercial al golf de Mèxic, a la costa atlàntica d'Amèrica del Nord (Andrews i Hewatt, 1957; Mackin i Hopkins, 1962; Burreson i Ragone Calvo, 1996; Ford, 1996; Soniat 1996), a la Columbia Britànica (Bower *et al.*, 1998), a la costa atlàntica del sud-oest d'Europa (Azevedo, 1989), al Mar Mediterrani (da Ros i Canozier, 1985; Santmartí *et al.*, 1995), al sud d'Austràlia (Lester i Davis, 1981; Goggin i Lester 1995) i a les costes sud i oest de Corea (Choi i Park, 1997; Park i Choi, 2001). Diverses espècies de *Perkinsus* s'han descrit als mol·luscs però fins ara, només set han estat reconegudes com a vàlides. La taula 1 resumeix les set espècies descrites a mol·luscs, juntament amb l'espècie hoste tipus i altres espècies afectades.

Sis de les espècies de *Perkinsus* tenen característiques comunes però, *P. qugwadi*, responsable de la mortalitat de la vieira japonesa *Patinopecten yessoensis* al Canadà, té peculiaritats considerablement diferents de les altres espècies de *Perkinsus* (Bower *et al.*, 1998; Blackburne *et al.*, 1998) (característiques moleculars, manca de desenvolupament d'hipnospores al medi fluït de tioglicolat de Ray (RTFM), no es

tenyeix de blau o negre amb Lugol, les seves zoospores es poden desenvolupar dins de l'espai intersticial de l'amfitrió i són infectives a baixes temperatures) fins el punt que actualment, la seva inclusió en el gènere *Perkinsus* és controvertida (Casas *et al.*, 2002a).

A Europa s'han descrit tres espècies de *Perkinsus* (Fig. 1): *P. mediterraneus* i *P. olseni* (Casas *et al.*, 2004; Abollo *et al.*, 2006, Elandaloussi *et al.*, 2009; Valencia, 2010; Ramilo *et al.* 2010, Valencia *et al.*, 2014, Ramilo *et al.*, 2015) i recentment *P. chesapeakei* (Carrasco *et al.*, 2014). Fins a dia d'avui, *P. mediterraneus* sols s'ha localitzat a aigües del Mediterrani. S'han utilitzat com a eina de diagnòstic diferencial per discriminar les diferents espècies els polimorfismes en la longitud dels fragments de restricció (PCR-RFLP), la PCR seguida de seqüenciació i la hibridació *in situ* (ISH).

Els objectius d'aquest treball són determinar la distribució geogràfica de *Perkinsus mediterraneus* a l'arxipèlag Balear, a les espècies de mol·luscs amb valor comercial o per a la conservació i caracteritzar la seva variabilitat genètica.

Materials i mètodes

Obtenció de mol·luscs

Es varen obtenir mostres d'escopinya gravada (*Venus verrucosa*), ostra (*Ostrea edulis*, músclo (*Mitylus galloprovincialis*),

Taula 1. Espècies de *Perkinsus*, hostes i referència bibliogràfica.

Table 1. *Perkinsus spp.*, hosts, location and citation.

| Espècie | Hoste típus | Altres hostes | Àrees | Font |
|--|----------------------------------|--|--|---|
| <i>Perkinsus marinus</i> | <i>Crassostrea virginica</i> | <i>Crassostrea gigas</i> , <i>C. ariakensis</i> , <i>C. rhizophorae</i> , <i>C. corteziensis</i> , <i>C. gasar</i> , <i>Mya arenaria</i> , <i>Macoma balthica</i> , <i>Saccostrea palmula</i> | USA, Hawaii, Brasil, Mèxic | Villalba et al. 2004, Moss et al. 2007, Dungan et al. 2007a, Caceres-Martínez et al. 2012, da Silva et al. 2013, da Silva et al. 2014, Escobedo-Fregoso et al. 2015. |
| <i>Perkinsus olseni</i> (= <i>P. atlanticus</i>) | <i>Haliotis ruber</i> | <i>Ruditapes decussatus</i> , <i>R. philippinarum</i> , <i>Anadara trapezia</i> , <i>Austrovenus stutchburyi</i> , <i>Pitar rudis</i> , <i>Pitar rostrata</i> , <i>Paphia undulata</i> , <i>Tridacna</i> spp., <i>Protothaca jedoensis</i> ; <i>C. ariakensis</i> , <i>C. hongkongensis</i> , <i>C. gigas</i> , <i>C. sikamea</i> <i>C. gasar</i> ; <i>Pinctada margaritifera</i> , <i>P. martensii</i> ; <i>P. fucata</i> , <i>Haliotis laevigata</i> , <i>H. scalaris</i> , <i>H. cyclobates</i> , <i>H. rubra</i> | Austràlia, Nova Zelanda, Corea, Japó, Xina, Portugal, Espanya, Itàlia, Uruguai, Vietnam, Tailàndia, Índia, França. | Leethochavalit et al. 2004, Villalba et al. 2004, Park et al. 2005, Zhang et al. 2005, Abollo et al. 2006, Park et al. 2006, Dungan et al. 2007b, Moss et al. 2007, Sheppard i Phillips 2008, Sanil et al. 2010, Arzul et al. 2012, da Silva et al. 2014. |
| <i>Perkinsus chesapeakei</i> (= <i>P. andrewsi</i>) | <i>Mya arenaria</i> | <i>Macoma balthica</i> , <i>M. mitcheli</i> , <i>Mercenaria mercenaria</i> , <i>Tagelus plebeius</i> , <i>Crassostrea virginica</i> , <i>Cerastoderma edule</i> , <i>Ruditapes decussatus</i> , <i>R. philippinarum</i> , <i>Cyrtopleura costata</i> | USA, França, Espanya, | Villalba et al. 2004, Pecher et al. 2008, Reece et al. 2008, Arzul et al. 2012, Carrasco et al. 2014. |
| <i>Perkinsus mediterraneus</i> | <i>Ostrea edulis</i> | <i>Venus verrucosa</i> , <i>Arca noae</i> , <i>Mimachlamys varia</i> , <i>Chamalea gallina</i> , <i>Pinna nobilis</i> | Espanya, Itàlia | Casas et al. 2004, Moss et al. 2008, Ramilo et al. 2010, Valencia et al. 2014. |
| <i>Perkinsus qugwadi</i> | <i>Patinopecten yessoensis</i> | | Canada | Bower et al. 1998. |
| <i>Perkinsus honshuensis</i> | <i>Ruditapes philippinarum</i> | | Japó | Dungan i Reece 2006. |
| <i>Perkinsus beihaiensis</i> | <i>Crassostrea hongkongensis</i> | <i>C. ariakensis</i> , <i>C. madrasensis</i> , <i>Pinctada margaritifera</i> , <i>P. martensii</i> , <i>Anomalocardia brasiliana</i> | Xina, Índia, Brasil | Moss et al. 2008, Sanil et al. 2012, Ferreira et al. 2014. |

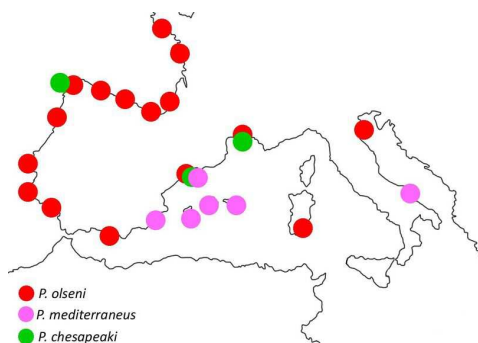


Fig. 1. Distribució de les espècies del gènere *Perkinsus* a Europa.

Fig. 1. European distribution of *Perkinsus spp.*

rossellona (*Chamelea gallina*), romera (*Mimachlamys varia*), nacra (*Pinna nobilis*), dàtil de mar (*Lithophaga lithophaga*), Lima lima, *Limaria inflata* i peu de cabrit (*Arca noae*) de 8 diferents localitats del litoral de les Illes Balears.

Una de les brànquies es va extraure per realitzar l'anàlisi RFTM i l'altre brànquia es va conservar en 95 % (v/v) d'etanol per a l'extracció de l'ADN i anàlisi mitjançant PCR. La resta del cos es va conservar per a l'examen histològic. En el cas de *Chamelea gallina*, els individus eren molt petits, i per

aquesta raó, una quarta part del cos es va emprar per a l'anàlisi RFTM, l'altre quart per a l'extracció d'ADN i la resta per a examen histològic.

Anàlisi histològica

Els cossos dels mol·luscs obtinguts varen ser fixat en formol tamponat al 10% durant una setmana. Una secció longitudinal d'aproximadament 5 mm de gruix es va tallar de la part mitjana del cos incloent mantell, gònades, glàndula digestiva, ronyó i peu. El tall es va fer segons el mètode de Howard i Smith (2004) (Fig. 2). Aquestes seccions es van deshidratar en sèries d'etanol, embegudes en paraplàst i tallades a 4 micres. La preparació histològica es va tenyir amb hematoxilina-eosina de Harris i es va examinar sota microscopi òptic.

Extracció d'ADN

Les extraccions d'ADN dels teixits es van realitzar mitjançant el kit *NucleoSpin Tissue* (Macherey-Nagel) d'acord amb les instruccions del fabricant. La qualitat i quantitat d'ADN es va comprovar mitjançant un espectrofotòmetre *Nanodrop® ND-1000* (NanoDrop Technologies, Inc).

Detecció de *Perkinsus spp.*

Les reaccions de PCR es van realitzar en un volum total de 20 µl que contenia 1 µl d'ADN genòmic (80 ng), 10 µl de *Taq Kapa Ready Mix DNA polymerase* (KapaBiosystems), 0,8 µl (20 mM) de cada encebador (Taula 2) i aigua per completar el volum final en un termociclador de gradient *Multigene* (Labnet).

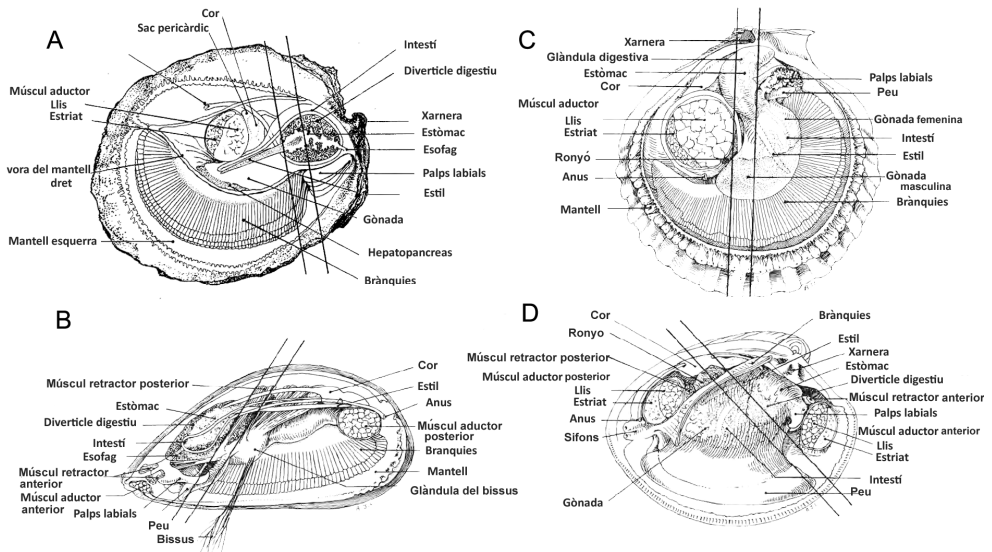


Fig. 2. Anatomia de (A) *Ostrea edulis*, (B) *Mytilus galloprovincialis*, (C) *Mimachlamys varia* i (D) *Chamalea gallina*. Les dues línies paral·leles mostren on s'ha de realitzar el tall per a les mostres histològiques Il·lustració de J. A. Lippson, Bozman, MD (modificada), en Howard i Smith (2004).
Fig. 2. Gross anatomy of (A) *Ostrea edulis*, (B) *Mytilus galloprovincialis*, (C) *Mimachlamys varia* and (D) *Chamalea gallina*. Parallel lines show where cross-section should be taken. Illustration by J. A. Lippson, Bozman, MD (modified), in Howard & Smith (2004).

Taula 2. Descripció dels encebadors i dels seus usos.

Table 2. Primer description and its uses.

| Encebador | Seqüència (5'→3') | Ús | Mida(bp) | Referència |
|------------|-----------------------|---------------------------|----------|--------------------|
| PerkITS85 | CCGCTTTGTTTGG/CTCCC | Detecció <i>Perkinsus</i> | 643 | Abollo et al. 2006 |
| PerkITS750 | ACATCAGGCCTTCTAATGATG | | | |

Les condicions d'amplificació per la regió ITS de *Perkinsus* varen ser: 94°C durant 5 minuts, 35 cicles de 94°C durant 45 s, 55°C durant 45 s i 72°C durant 1 min, seguit per 72°C durant 10 min. Un control negatiu i un control positiu (ADN d'una ostra infectada amb *P. mediterraneus* del Port d'Andratx) es van incloure a totes les reaccions de PCR.

Els productes de la PCR foren visualitzats després d'electroforesi en gel d'agarosa al 1% o 2% amb tampó TAE i amb bromur d'etidi al 1% (p/v) o amb *GelRed Nucleic Acid Gel Stain* (Biotium) mitjançant llum ultraviolada.

Els fragments positius per a *Perkinsus* spp. extrets dels gels varen ser purificats emprant *Nucleospin Extract II PCR clean-up Gel extraction* (Macherey-Nagel).

Seqüenciació

Les seqüències es van obtenir emprant un *ABI Prism Dye Terminator Cycle Sequencing kit* (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), i un analitzador genètic *ABI Prism 3130XL*.

Anàlisi filogenètica

Per determinar la filiació taxonòmica dels *Perkinsus* spp. aïllats dels bivalves, les seqüències obtingudes van ser analitzades utilitzant l'eina bàsica de cerca local d'alineació (BLAST), del Centre Nacional d'Informació Biotecnològica (NCBI) i es van alinear juntament amb les seqüències disponibles per *Perkinsus* spp. a la base de dades GenBank utilitzant l'algoritme CLUSTAL-W (Thompson et al., 1994) del paquet de programari BioEdit 7.1.3.0 (Hall 1999). El nombre d'haplotips i la diversitat

nucleotídica es van calcular utilitzant el programari DnaSP 5 (Librado i Rozas, 2009).

A les anàlisis filogenètiques es van incloure les seqüències obtingudes de GenBank (N=53): *P. marinus* a *Crassostrea virginica*: AY295184, U07700, DQ370474; *P. marinus* a *Crassostrea corteziensis*: JQ266236, JQ266240; *P. marinus* a *Crassostrea rhizophorae* JX144357; *P. olseni* a *Ruditapes decussatus*: AF140295, AF369969, U07697, AF509333; *P. olseni* a *Ruditapes philippinarum*: DQ194979, FJ481986, AF473840; *P. olseni* a *Haliotis laevigata*: U07701; *P. olseni* a *Astrovenus stuthbury*: EF204081, EU293848; *P. mediterraneus* a *Ostrea edulis*: DQ370482 a DQ370492, AY487834 a AY48784; *P. qugwadi* a *Patinopecten yessoensis*: AF151528; *P. honshuensis* a *Ruditapes philippinarum*: DQ516696 a DQ516698, DQ516700, DQ516702; *P. beihaiensis* a *Crassostrea hongkongensis*: EU068080, EU068083, EU068090, EU068095, EU068107; *P. chesapeakei* a *Macoma balthica*: AF102171, AY305326, AY876302, DQ370504.

Els arbres filogenètics van ser arrelats respecte a la seqüència d'un dinoflagelat, *Dinophysis sacculus* (AY040583), perquè les dades moleculars donen suport a una estreta afinitat entre els dinoflagel·lats i les espècies del filum *Perkinsus* (Reece et al., 1997; Siddall et al., 1997; de la Herrán et al, 2000; Murrell et al., 2002; Saldarriaga et al., 2003).

L'arbre filogenètic basat en el mètode estadístic Neighbor-Joining (NJ) es va realitzar utilitzant el programari MEGA

v.5.05 (Tamura *et al.*, 2011) amb 10.000 replicacions de *bootstrap* i valor de tall per a l'arbre de consens del 60%.

La distància genètica corresponent al nombre de substitucions de bases per lloc, fent la mitjana de totes els parells de seqüències es va calcular utilitzant el model de Tajima-Nei (Tajima i Nei, 1984) dins el programari MEGA v 5.05.

Una xarxa de parsimònia estadística (amb un límit de connexió del 95%) es va construir utilitzant les seqüències ITS de tots els *P. mediterraneus* mitjançant el programa TCS v.1.21 (Clement *et al.*, 2000), per tal d'examinar les relacions entre les seqüències.

L'Anàlisi de la Variància Molecular (AMOVA) es va realitzar usant el programari Arlequin 3.5 (Excoffier *et al.*, 2010) agrupant els haplotips per illes.

Anàlisi de restricció

Una vegada coneguda la seqüència i amb finalitat de poder realitzar el diagnòstic d'una forma més ràpida, la determinació de l'espècie de *Perkinsus* que infecta el mol·lusc es va realitzar mitjançant PCR-RFLP (reacció en cadena de la polimerasa-Polimorfisme de longitud dels fragments de restricció), segons Abollo *et al.*, 2006.

L'anàlisi de restricció es va dur a terme en dues passes. La primera, en un volum final de 20 µl que contenia 10 µl del producte de la PCR (ADN obtingut en l'amplificació de l'ITS), 2 µl de tampó d'enzim, 1 µl d'enzim de restricció (*RsaI*, Promega) i 7 µl d'aigua destil·lada esterilitzada. En la segona reacció, es va utilitzar 10 µl de la reacció anterior, 2 µl de tampó d'enzim, 1 µl d'enzim de restricció (*HinfI*, Promega) i 7 µl d'aigua destil·lada esterilitzada. Les reaccions de digestió es van dur a terme durant 2 h a 37°C amb posterior inactivació de l'enzim a 65°C durant 20 minuts.

Per visualitzar els productes de la PCR i els patrons de restricció, alíquotes de 4 µl dels productes de la PCR i 4 µl de les mostres digerides es barregen amb 1 µl de tampó de càrrega i van ser sotmeses a electroforesi en un gel d'agarosa al 2% (agarosa Tipus I PB estàndard) amb *GelRed Nucleic Acid Gel Stain* (Biotium) a 100 V durant 25 a 30 minuts. Es va incloure un marcador de pes molecular (Roche marcador de pes molecular XIII o *Norgen MiniSizer 50 pb ADN Ladder*). Tots els productes de la PCR i restriccions es van visualitzar sota llum UV.

Assaig RFTM

L'altra peça de les brànquies o la quarta part de tot el cos de *Chamalea gallina* es van incubar individualment en RFTM (Ray, 1966) suplementat amb cloramfenicol i nistatina durant una setmana a temperatura ambient en fosc per induir la transformació dels trofozoïts del paràsit en prezoosporangis de *Perkinsus*.

A continuació, les brànquies o el cos es van triturar parcialment en un portaobjectes amb un bisturí, es van tenyir amb solució de Lugol i s'observaren al microscopi òptic per estimar la intensitat de la infecció per *Perkinsus* spp., d'acord amb Ray (1954), modificat en Andrews i Hewatt (1957).

La prevalença de *Perkinsus* spp. es va calcular com el percentatge d'individus infectats en cada mostra. La intensitat mitjana (grau d'infecció) es va calcular com la intensitat mitjana entre els bivalves infectades de cada mostra (Andrews i Hewatt, 1957).

Resultats

Assaig RFTM

L'examen amb el microscopi òptic va mostrar esferes negres o blaves, amb unes mides d'entre 7,9 i 183 micres (n = 844,

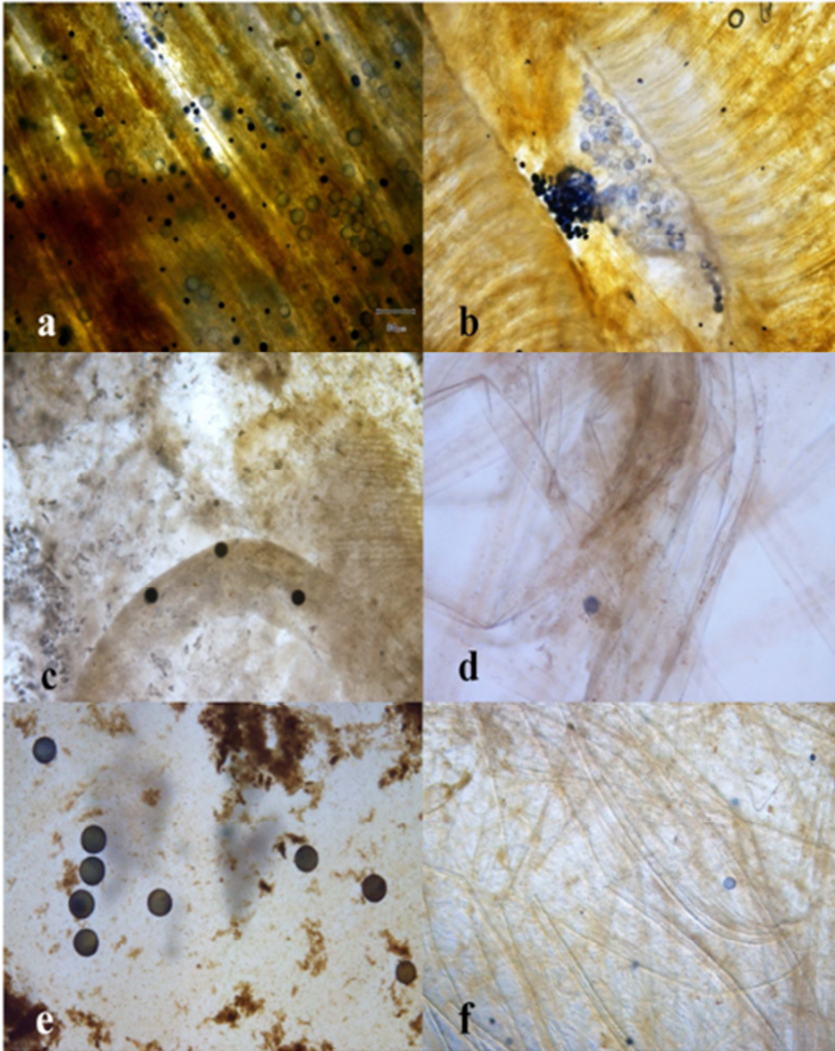


Fig. 3. Resultats de l'assaig RTFM: a) Hipnosporos de *Perkinsus mediterraneus* en una infecció molt intensa en ostra, b) Hipnosporos de *P. mediterraneus* en una infecció molt intensa en romera, c) Hipnosporos de *P. mediterraneus* en una infecció lleugera en escupinya gravada, d) Hipnosporos de *P. mediterraneus* en infecció lleugera en peu de cabrit, e) Hipnosporos de *P. mediterraneus* en una infecció lleugera en nacra i f) Hipnosporos de *P. mediterraneus* en una infecció lleugera en rossellona.

Fig. 3. Ray's fluid thioglycolate medium (RFTM) assay. a) *Perkinsus mediterraneus* hypospores in very heavy infection in *Ostrea edulis*; b) *P. mediterraneus* hypospores in very heavy infection in *Mimachlamys varia*; c) *Perkinsus mediterraneus* hypospores in light infection in *Venus verrucosa*; d) *P. mediterraneus* hypospores in light infection in *Arca noae*; e) *P. mediterraneus* hypospores in light infection in *Pinna nobilis*; f) *P. mediterraneus* hypospores in light infection in *Chamalea gallina*.

Taula 3. Resum dels resultats obtinguts de l'assaig RTFM de les mostres recollides a les Illes Balears.*Table 3.* RTFM assay results obtained from samples collected in Balearic Islands.

| Localitat | Espècie | Data | Núm. | Prevalença | Grau d'infecció | Mida |
|-------------|------------------------------|---------|------|------------|-----------------|---------------|
| Andratx | <i>A. noae</i> | 09/2011 | 20 | 40,0% | 1,26 | 44,55±5,15 |
| Andratx | <i>A. noae</i> | 09/2012 | 30 | 53,3% | 0,80 | 50,29±5,88 |
| s'Arenal | <i>C. gallina</i> | 09/2012 | 24 | 25,0% | 0,25 | 20,40±0,82 |
| s'Arenal | <i>C. gallina</i> | 06/2013 | 20 | 0 % | 0,00 | 17,88±2,16 |
| Andratx | <i>L. lima</i> | 09/2013 | 3 | 67% | 0,67 | 35,36±14,44 |
| Andratx | <i>L. inflata</i> | 09/2013 | 13 | 38% | 0,38 | 30,04±6,51 |
| Andratx | <i>M. varia*</i> | 09/2011 | 25 | 60,0% | 0,87 | 34,52±7,81 |
| Andratx | <i>M. varia*</i> | 09/2012 | 25 | 84,0% | 2,44 | 33,16±4,71 |
| Andratx | <i>M. varia*</i> | 09/2013 | 30 | 83,3% | 2,40 | 41,97±6,66 |
| Andratx | <i>M. varia*</i> | 10/2013 | 14 | 100% | 2,36 | 34,49±4,69 |
| Andratx | <i>M. galloprovincialis*</i> | 09/2012 | 30 | 0% | 0,00 | 50,29±5,88 |
| Andratx | <i>O. edulis</i> | 09/2011 | 8 | 62,5% | 1,37 | 74,66±9,960 |
| Andratx | <i>O. edulis</i> | 09/2012 | 6 | 50,0% | 1,75 | 69,96±18,55 |
| Andratx | <i>O. edulis</i> | 09/2013 | 6 | 50,0% | 0,67 | 87,40±14,56 |
| Fornells | <i>O. edulis</i> | 09/2010 | 13 | 53,8% | 0,77 | 86,52±11,98 |
| Eivissa | <i>O. edulis</i> | 11/2011 | 18 | 61,1% | s/d | 84,79±33,83 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 09/2007 | 32 | 78,1% | 2,01 | 99,14±11,64 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 09/2007 | 30 | 70,0% | 1,43 | 94,14±11,64 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 11/2007 | 30 | 43,3% | 0,73 | 88,47±18,89 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 02/2008 | 30 | 6,7% | 0,07 | 89,46±12,98 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 03/2008 | 30 | 6,7% | 0,07 | 91,65±5,52 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 10/2008 | 30 | 50,0% | 1,10 | 84,11±15,53 |
| Maó | <i>O. edulis</i> | 11/2008 | 30 | 13,3% | 0,23 | 96,56±17,24 |
| Palmanova | <i>O. edulis</i> | 09/2010 | 18 | 27,8% | 1,14 | 90,67±19,00 |
| Portocristo | <i>O. edulis</i> | 09/2010 | 15 | 60,0% | 0,78 | 33,03±4,23 |
| Andratx | <i>P. nobilis</i> | 06/2011 | 6 | 66% | 1,00 | 487,55±79,53 |
| Andratx | <i>P. nobilis</i> | 10/2011 | 11 | 100% | 2,00 | 484,60±91,12 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 05/2011 | 10 | 0% | 0,00 | 421,98±100,72 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 06/2011 | 10 | 50% | 0,20 | 395,67±151,77 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 07/2011 | 10 | 60% | 1,10 | 414,24±128,22 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 08/2011 | 11 | 60% | 0,70 | 376,84±133,47 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 09/2011 | 10 | 100% | 1,70 | 408,81±103,63 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 10/2011 | 9 | 30% | 0,40 | 476,57±70,84 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 11/2011 | 10 | 0% | 0,00 | 381,71±212,53 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 01/2012 | 10 | 0% | 0,00 | 425,66±140,79 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 01/2012 | 10 | 30% | 0,33 | 435,30±151,47 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 02/2012 | 10 | 30% | 0,33 | 463,90±153,62 |
| Cabrera | <i>P. nobilis</i> | 03/2012 | 10 | 0% | 0,00 | 429,20±166,05 |
| Magalluf | <i>P. nobilis</i> | 06/2011 | 5 | 0% | 0 | 273,74±107,08 |
| Magalluf | <i>P. nobilis</i> | 10/2011 | 4 | 100% | 3,25 | 327,27±89,01 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 03/2007 | 30 | 0,0% | 0,00 | 42,28±4,29 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 05/2007 | 40 | 5,0% | 0,08 | 44,43±2,10 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 08/2007 | 30 | 0,0% | 0,00 | 45,04±2,39 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 10/2007 | 27 | 81,5% | 1,41 | 41,87±2,34 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 11/2007 | 30 | 20,0% | 0,27 | 48,13±3,36 |

| | | | | | | |
|-----|---------------------|---------|----|-------|------|------------|
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 02/2008 | 30 | 13,3% | 0,13 | 43,24±1,89 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 03/2008 | 30 | 13,3% | 0,13 | 44,02±2,03 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 05/2008 | 30 | 0,0% | 0,00 | 45,79±2,10 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 07/2008 | 29 | 0,0% | 0,00 | 42,87±2,38 |
| Maó | <i>V. verrucosa</i> | 11/2008 | 30 | 6,7% | 0,07 | 42,50±4,87 |

mida mitjana= 59,020±40,267 µm) de diàmetre, que són hipnòspores típiques de *Perkinsus* spp., en *Ostrea edulis*, *Mimachlamys varia*, *Arca noae*, *Chamalea gallina*, *Venus verrucosa*, *Lima lima*, *Limaria inflata* i *Pinna nobilis* (Fig. 3). No es van detectar hipnòspores en *Mytilus galloprovincialis*.

La prevalença va oscilar entre el 0% (*C. gallina*, *M. galloprovincialis*, *O. edulis*, *P. nobilis*, *V. verrucosa*) i 100 % (*M. varia* i *P. nobilis*). El grau d'infecció varia de 0 (*C. gallina*, *M. galloprovincialis*, *O. edulis*, *P. nobilis* i *V. verrucosa*) a 3,25 (*P. nobilis*) (Taula 3).

Els resultats de les anàlisis de RTFM es mostren a la Taula 3.

Estacionalitat

A les Illes Balears, la prevalença i la intensitat (grau d'infecció) de les infeccions de *P. mediterraneus* al medi natural es van determinar a l'escopinya gravada, l'ostra i la nacra a partir de les dades obtingudes dels assaigs RFTM. El grau d'infecció i la prevalença s'incrementen després del màxim anual de temperatura de l'aigua, principalment per setembre i octubre, per anar desapareixent segons es refreda (Fig. 4).

L'observació de les preparacions histològiques de romera obtingudes en els mostrats dels anys 2009 i 2010 recolzen els resultats dels assaigs RFTM (Fig. 5). El nombre d'individus infectats augmenta en setembre i octubre, mentre que la resta de l'any, es troben pocs individus infectats. A més, s'ha observat que els individus infectats a setembre i octubre estan més parasitats (presenten més rosetes de

Perkinsus mediterraneus, Fig. 6b) que en els mesos més freds (Fig. 6a).

Anàlisi histològica

Setanta-sis preparacions histològiques provinents de 167 positius a l'assaig RFTM es varen observar amb un microscopi òptic (Taula 4). Només les infeccions de moderades a molt altes van ser visibles a les seccions histològiques d'*Ostrea edulis* i *Mimachlamys varia*. En el cas d'*Arca noae* també varen detectar-se trofozoïts a les infeccions lleus. Els trofozoïts varen mesurar entre 3,7 i 18,2 µm, amb una mitjana de 9,7 ± 3,69 µm (n = 885).

L'examen histològic d'*Ostrea edulis* infectades va revelar la presència de trofozoïts esfèrics encapsulats al teixit connectiu de l'hoste, amb l'aparença d'anell típic de 4-7 µm de diàmetre, amb un gran vacúol i el nucli en posició perifèrica amb un nuclèol patent, a més d'alguna roseta incipient (Fig. 7a).

A les preparacions d'*Arca noae* i *Mimachlamys varia* infectades, es van veure fases multicel·lulars encapsulades (rosetes) al teixit connectiu de diferents òrgans (glàndula digestiva, brànquies, mant i gònades) envoltats d'hemòcits o per material fibrós (Fig. 7b,d).

Aquestes rosetes poden ser empaquetaments laxos (Fig. 7d), envoltats (Fig. 7c) o no per una paret i en aquest cas, els trofozoïts adopten formes esfèriques o semiesfèriques, mentre que en empaquetaments densos, els trofozoïts adopten formes allargades (Fig. 7b,d).

En ambdós casos, els trofozoïts presenten un gran vacúol central, el nucli perifèric amb un nuclèol i en ocasions, es

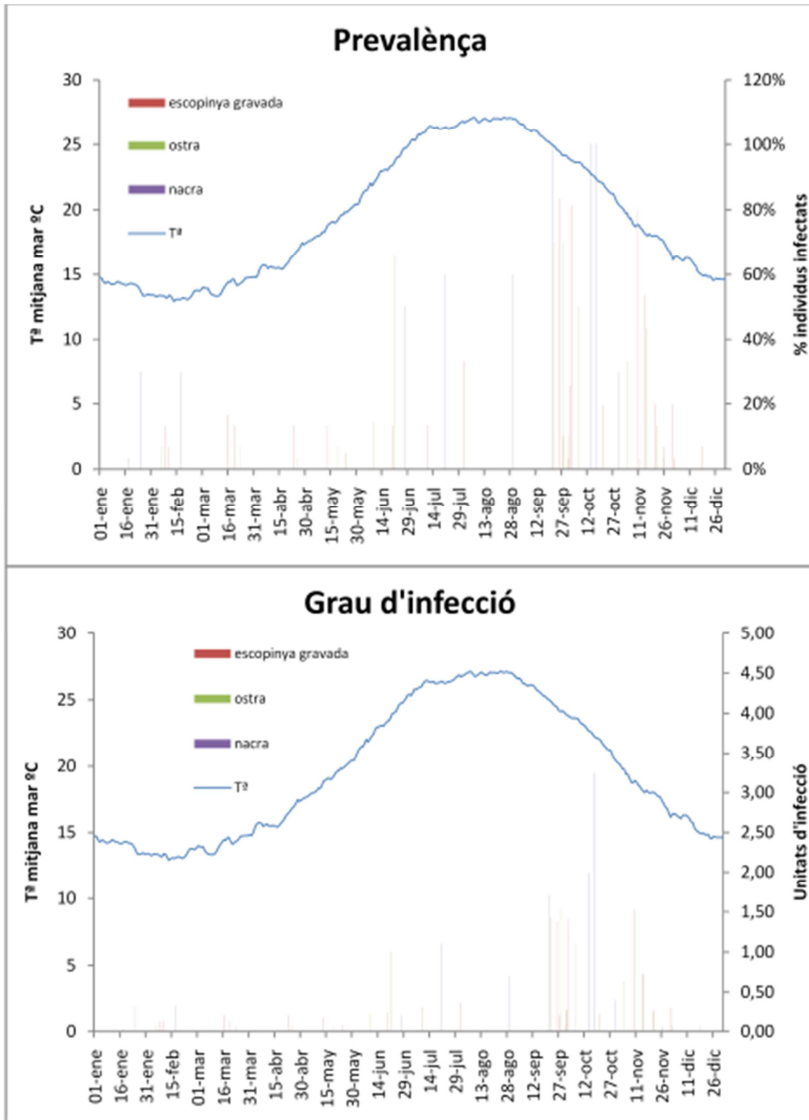


Fig. 4. Esquema anual de prevalença d'infecció i grau d'infecció de *P. mediterraneus*, basat en la informació obtinguda dels assaigs RFTM. Es representa a l'eix principal d'ordenades la temperatura mitjana de l'aigua del mar entre 2007 i 2013, mentre que al secundari es representen la prevalença o el grau d'infecció de l'escupinya gravada, l'ostra i la nacra.

Fig. 4. Annual *P. mediterraneus* prevalence and infection degree scheme, based on information obtained in RFTM assays. Main ordinates axis represent seawater average temperature between 2007 and 2013, while the secondary represents prevalence or infection degree recorded in *Venus verrucosa*, *Ostrea edulis* or *Pinna nobilis*.

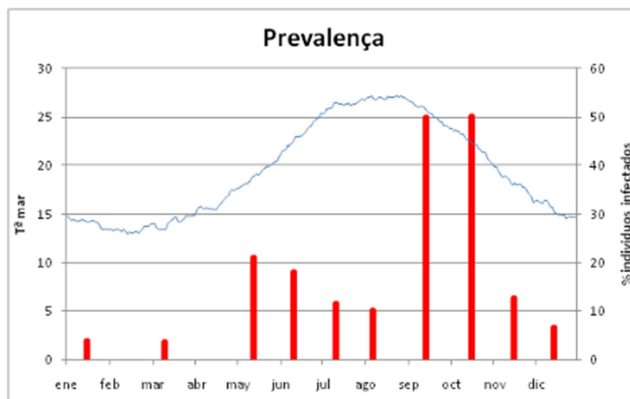


Fig. 5. Relació entre la temperatura mitjana del mar (ordenades, eix principal) i el percentatge de *Mimachlamys varia* infectades (ordenades, eix secundari) basat en l'observació de mostres histològiques.

Fig. 5. Relationship between seawater average temperature (main ordinates axis) and the percentage of infected (ordinate secondary axis) based on the observation of histological slides.

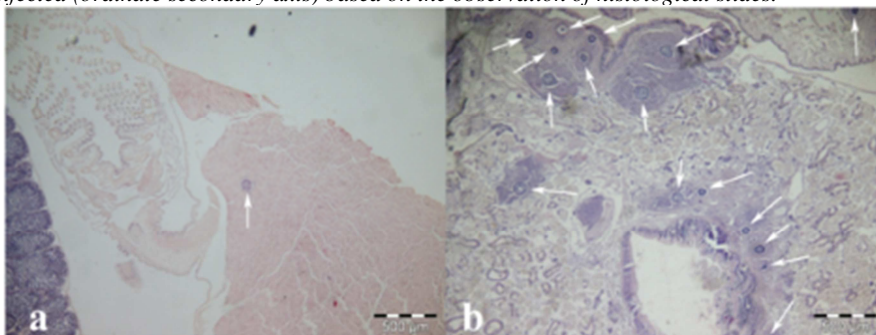


Fig. 6. a) Infecció poc intensa de *P. mediterraneus* en *M. varia* (gener). Sols es va observar una roseta a tot l'individu (fletxa). b) Infecció intensa (octubre) on s'observen 15 rosetes (fletxes). A aquesta preparació histològica es van contar 54 rosetes en total.

Fig. 6. a) *P. mediterraneus* light infection in *M. varia* (January). Only a rosette was observed in the slide (arrow). b) Intense infection (October). In the photograph there are more than 15 rosettes (arrows). In this histological slide was observed 54 rosettes.

| Espècie | Localitat | Positius en RFTM | Negatius en histologia | Positius en histologia |
|--------------------------|-------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Ostrea edulis</i> | Palmanova | 4 | 4 | 0 |
| | Badia de Fornells | 8 | 7 | 1 |
| | Port d'Andratx | 8 | 6 | 2 |
| <i>Mimachlamys varia</i> | Port d'Andratx | 26 | 8 | 18 |
| <i>Arca noae</i> | Port d'Andratx | 22 | 10 | 12 |
| <i>Chamelea gallina</i> | S'Arenal | 6 | 6 | 0 |
| | Total | 76 | 53 | 23 |

Taula 4. Resultats de la revisió histològica dels positius detectats mitjançant incubació en RFTM (medi tioglicolat Fluid de Ray).

Taula 4. Results of the histological survey. RFTM: Ray's fluid thioglycolate medium.

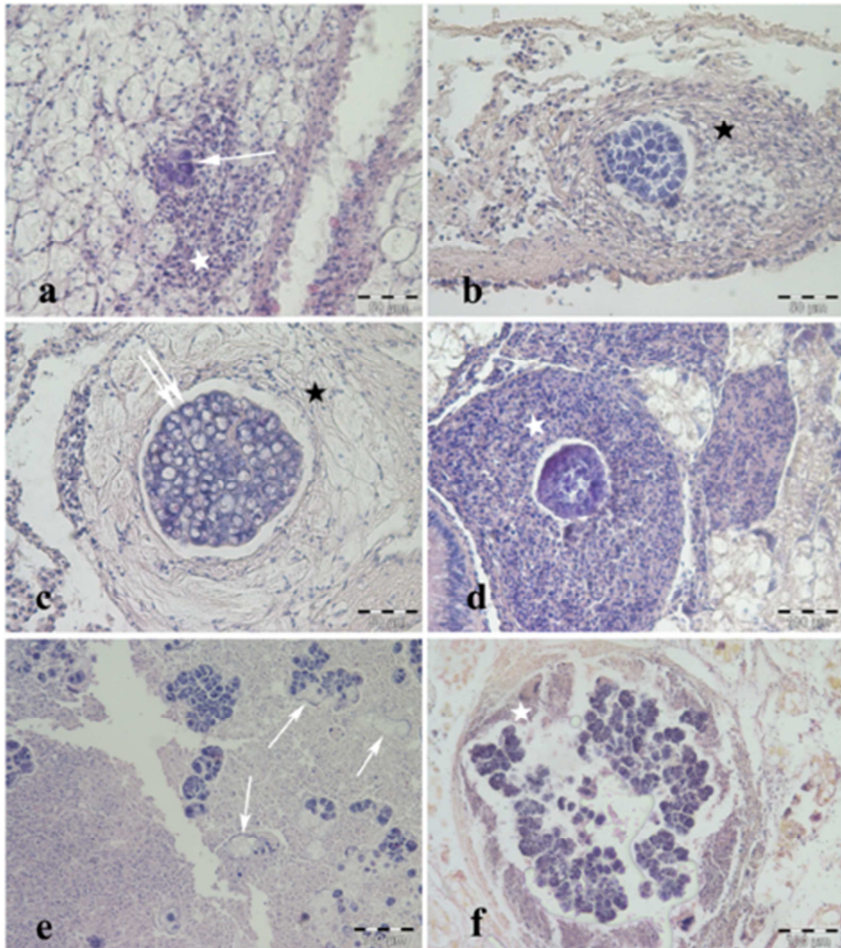


Fig. 7. a) Trofozoïts (indicats per una fletxa) de *Perkinsus mediterraneus* en *Ostrea edulis* 40x, l'estel indica un granuloma; b) etapa multicel·lular de *P. mediterraneus*, resultat de la multiplicació vegetativa dels trofozoïts, que donen lloc a una roseta (cist) en *Arca noae* envoltada per material fibrós (estel) 40x; c i d) Cist en *Mimachlamys varia*; la doble fletxa assenyalen la paret, l'estel negre l'embolcall de material fibrós i el blanc, un granuloma d'encapsulació 40x i 20x respectivament; e) Infecció intensa en *M. varia*. Les fletxes indiquen trofozoïts moribunds 20x; f) Empaquetament poc dens de *P. mediterraneus* en *M. varia* 20x. Tinció hematoxilina-eosina.

Fig. 7. a) *Trophozoites* (arrow) of *Perkinsus mediterraneus* in *Ostrea edulis* 40x, *stra* indicates a granuloma; b) multicellular stages of *P. mediterraneus* resulting from vegetative multiplication of mother cells with daughter cells in a rosette-like arrangement (cyst) in *Arca noae* (double arrow) surround by fibrous material enclosing the cyst (star); c, d) cysts in *Mimachlamys varia*; the double arrow indicates the rosette-like wall, black star in c shows fibrous material wrap and the white star in d an encapsulation granuloma 40x & 20x respectively; e) Intense infection in *M. varia*. Arrows indicate dying trophozoites 20x; f) *P. mediterraneus* loose packaging in *M. varia* 20x. *Haematoxylin & eosin* staining.

pot apreciar un vacuoplast (Fig. 7). El nombre de trofozoïts en les rosetes ha estat variable, contant-se més de 135 en una mostra histològica de *M. varia*.

No es van observar trofozoïts o rosetes en les preparacions histològiques de *Chamaelea gallina* ni en *Pinna nobilis*.

PCR i PCR-RFLP

Els positius obtinguts després del cultiu en medi fluït de tioglicolat de Ray (RFTM) es van amplificar mitjançant PCR. Per determinar l'espècie de *Perkinsus* es va emprar la clau taxonòmica descrita en Abollo *et al.* (2006). El parell d'encebadors PerkIts van produir amplicons d'aproximadament 700 pb de la regió ITS (Fig. 8a). Per determinar l'espècie de *Perkinsus*, els fragments amplificats es varen digerir amb enzims de restricció.

Els patrons de restricció obtinguts amb l'enzim *RsaI* ens permeten distingir entre *P. cheasapeaki*, *P. marinus* i *P. olseni/P. mediterraneus*. El resultat obtingut a totes les mostres va ser dues bandes d'aproximadament 193 i 74 pb més un fragment d'aproximadament 400-410 pb que s'ajusten al patró de *P. olseni/P.*

mediterraneus. Per diferenciar entre aquestes espècies es va realitzar una digestió amb l'enzim *HinfI*. El patró obtingut a totes les nostres mostres amb aquesta digestió subsegüent va ser quatre fragments, un doblet de 192-179 i un altre de 162-149 pb, típic de *P. mediterraneus* (Fig. 8b).

Les seqüències de nucleòtids de la regió ITS obtingudes en aquest estudi (N=51) es van remetre al GenBank amb els números d'accés KJ569310 fins a KJ569360 (Fig. 9).

Anàlisi de seqüències

Es varen detectar dotze haplotips diferents entre els 51 individus de *P. mediterraneus* seqüenciats (diversitat d'haplotips, Hd = 0,646 ± 0,075) (Taula 5). L'haplotip més freqüent (anomenat H03) es va observar a totes les espècies d'hostes infectats i localitats. La diversitat nucleotídica va ser baixa (π) (0,00171 ± 0,00029), amb només vuit posicions polimòrfiques (totes elles són transicions) (Taula 5).

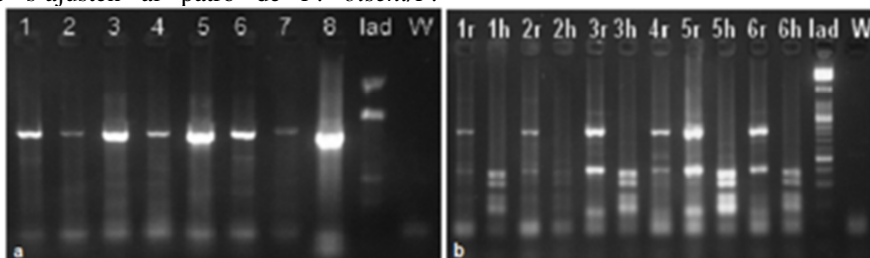


Fig. 8. Patrons dels productes de PCR obtinguts d'ostreres infectades amb *Perkinsus mediterraneus*. Línees 1 a 7: Fornells; Línia 8: control positiu de *P. mediterraneus*; lad: Roche molecular weight marker XIII; W: control negatiu. (a) Productes de PCR. (b) Patrons de RFLP dels productes de PCR obtinguts. r: digestió amb *RsaI*; h: digestió posterior amb *HinfI*. Els nombres de línies es corresponen amb (a).

Fig. 8. PCR patterns from oysters infected with *Perkinsus mediterraneus*. Lanes 1 to 7: Fornells Bay; Lane 8: positive control; lad: Roche molecular weight marker XIII; W: negative control. (a) PCR products. (b) Restriction (RFLP) patterns, digestion with *RsaI* and *HinfI*. r: digestion with *RsaI*; h: subsequent digestion with *HinfI*. Lane numbers correspond with (a).

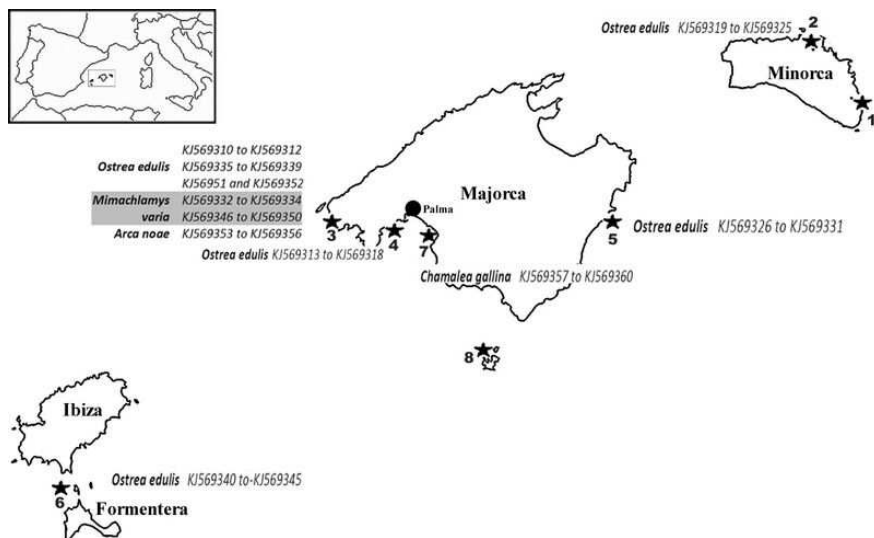


Fig. 9. Nombre d'accés, espècie infectada i localització de les seqüències de *Perkinsus mediterraneus* obtingudes: 1, Port de Maó; 2, Fornells; 3, Port d'Andratx; 4, Palmanova-Magaluf; 5, Porto Cristo; 6, Freu d'Eivissa-Formentera, 7, s'Arenal de Palma i 8, Cabrera.

Fig. 9. Access number, infected species and location of the obtained sequences from *P. mediterraneus* 1, Mahon harbour; 2 Fornells; 3 Andratx harbour; 4, Palmanova-Magaluf; 5 Porto Cristo; 6 Freu Ibiza-Formentera, 7 Palma beach and 8 Cabrera Island.

Afegint les 21 seqüències del GenBank (números d'accés: DQ370482 a DQ370492 i AY487834 a AY487843), obtingudes en *O. edulis* del port de Maó, es completa el nombre d'haplotips trobats a l'espècie fins ara. El conjunt de seqüències mostraren 15 haplotips diferents, tres d'ells en comú amb els observats al present estudi: haplotip 3 (a 5 d'aquestes 21 seqüències) i haplotips 6 i 7 (cada un a un individu). Globalment es detectaren un total de 20 posicions polimòrfiques (18 transicions i 2 transversions) (Taula 5). Entre les seqüències de *Perkinsus* spp. obtingudes es dona una identitat del 99-100 %.

La Fig. 10 mostra una xarxa de parsimònia (TCS) que connecta totes les seqüències de *P. mediterraneus*. L'haplotip 3 (H03) ocupa una posició central; els altres haplotips deriven d'aquest, amb un màxim de sis passes mutacionals. Podem observar

que els haplotips H15, H16 i H17 (del port de Maó, GenBank) i H07 (que es troba a Maó i a Porto Cristo) tenen una agrupació més propera. Els haplotips H22 i H24 també ho fan derivant del haplotip H14, tot tres de Maó.

L'arbre NJ basat en las seqüències de la regió ITS (Fig. 11) agrupen clarament les diferents espècies de *Perkinsus* (*P. olseni*, *P. marinus*, *P. mediterraneus*, *P. honshuensis*, *P. beihaiensis*, *P. chesapeakei* i *P. qugwadi*) en distints clades recolzats per elevats valors de suport (*bootstrap* 62-100%). A més, dins del clade de *P. mediterraneus*, l'arbre va revelar l'existència dels dos grups ja descrits a l'anàlisi de TCS, un d'ells incloent els haplotips H07, H15, H16 i H17 (84 % de *bootstrap*) i el segon incloent dos haplotips del port de Maó H22 i H24 (69 % *bootstrap*). També es va detectar un tercer

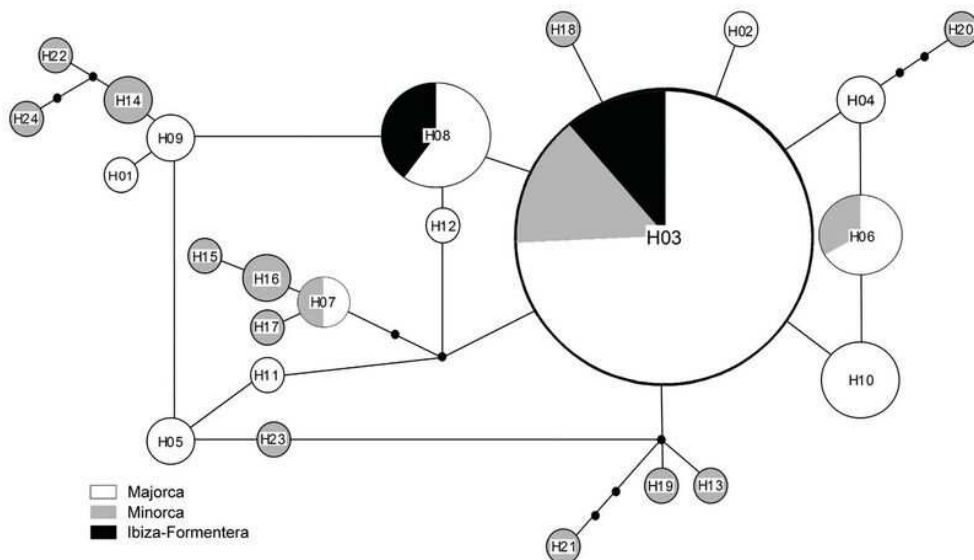


Fig. 10. Xarxa d'haplotips de la regió espaciadora de l' ITS de *P. mediterraneus*, obtinguda mitjançant el programari TCS, amb un límit de connectivitat del 95%. Cada línia representa una mutació simple. Els haplotips inferits que no s'han mostret, es mostren com a punts negres sobre els segments. La mida del cercle es proporcional a la freqüència de l'haplotip.

Fig. 10. TCS haplotype network for the internal transcribed (ITS) spacer region sequences in *Perkinsus mediterraneus* based on a 95% connection limit. Each line segment represents a single mutation. Inferred intermediate haplotypes that were not sampled are shown as small black dots on the line segments. Circle size is proportional to haplotype frequency.

grup amb els haplotips 6 i 10 (63 % de *bootstrap*), que no apareix al TCS.

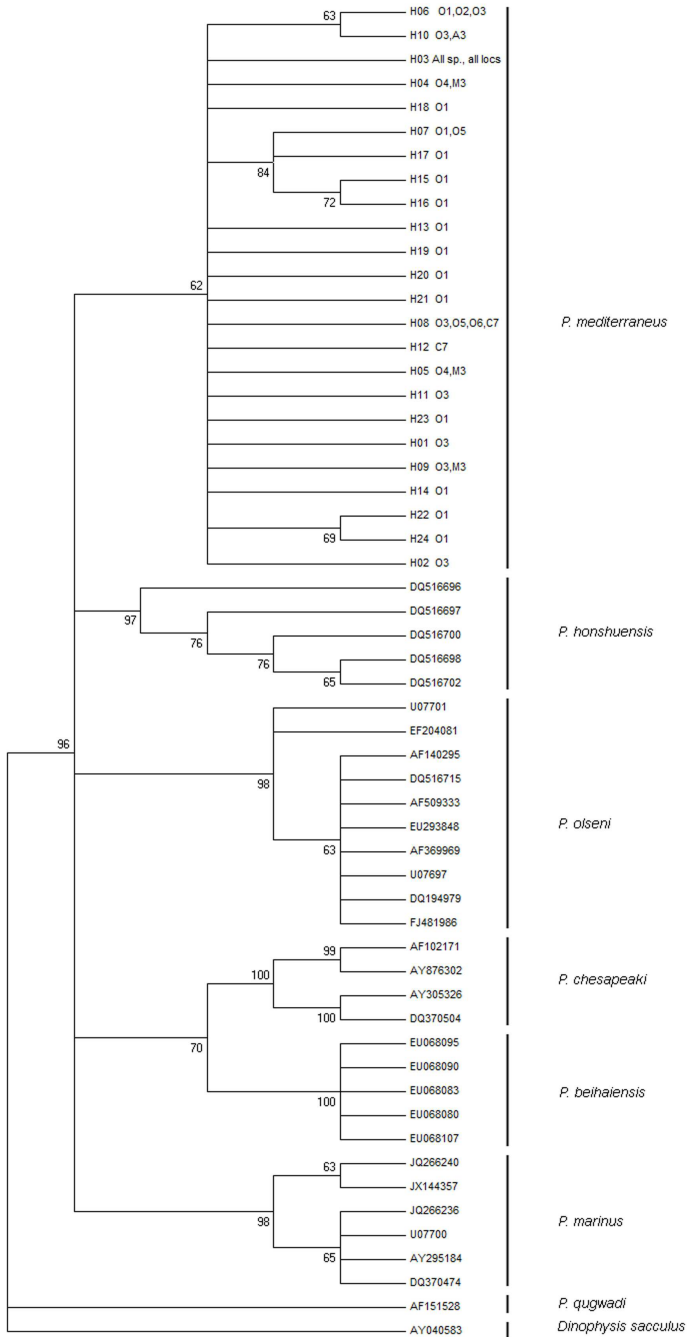
L'anàlisi d'AMOVA va mostrar un valor de F_{ST} (Índex de fixació) del 0,042, amb un valor de P igual a $0,028 \pm 0,005$, determinant que un 4,14 % de la variabilitat genètica està associada a diferenciació entre poblacions, mentre que un 95,86 % s'atribueix a variació intrapoblacional (Taula 6).

La comparació entre les poblacions (*pairwise difference*) ofereix un valor significatiu entre les poblacions de Menorca (Maó i Fornells) i les de Mallorca (Andratx, Palmanova, Porto Cristo i s'Arenal), amb un valor de F_{ST} de 0,56 i de $P < 0,01$. Els valors de F_{ST} obtinguts en les comparacions amb la població d'Eivissa no varen ser significatius, probablement per la

baixa quantitat de mostres obtingudes a aquesta illa (Taula 7).

Discussió

Els resultats obtinguts demostren que *Perkinsus mediterraneus* infecta a una gran varietat de mol·luscs bivalves a l'arxipèlag balear: ostres, romeres, peus de cabrit, rossellones, nacres i escopinyes gravades. En el cas dels musclos no se detectaren infeccions, el mateix que succeeix a altres indrets, com a la llacuna de St. Gilla, Sardenya (Colurgioni *et al.*, 2006). Posteriorment a aquest estudi, s'ha ampliat el nombre d'indrets del Mediterrani occidental afectats per *P. mediterraneus*,



(Pàgina anterior)

Fig. 11. Arbre neighbor-joining (NJ) obtingut de l'anàlisi de l'ITS de *Perkinsus* spp. Els valors de bootstrap superiors al 60% es mostren a les branques. Per a *P. mediterraneus* s'indiquen els haplotips (H1 a H24); les lletres indiquen l'espècie de bivalve i el nombre, la localitat. O, *O. edulis*; M, *Mimachlamys varia*; A, *Arca noae*; C, *Chamelea gallina* i All sp., totes les espècies. 1 Port de Maó, 2 Badia de Fornells, 3 Port d'Andratx, 4 Palmanova, 5 Porto Cristo, 6 Ibiza-Formentera, 7 Platja de s'Arenal, All locs, totes les localitats.

Fig. 11. Neighbor-joining tree resulting from the analysis of the internal transcribed (ITS) of *Perkinsus* spp. Bootstrap values >60% are given on branches. For *P. mediterraneus* (H01 to H24) haplotypes, letters indicate the shellfish species and numbers indicate the location. O: *O. edulis*; M: *Mimachlamys varia*; A: *Arca noae*; C: *Chamelea gallina*. 1: Mahon Harbour; 2: Fornells Bay; 3: Andratx Harbour; 4: Palmanova; 5: Porto Cristo; 6: Ibiza-Formentera; 7: Arenal Beach.

Taula 6. Anàlisi molecular de la variància (AMOVA) usant les seqüències de l'ITS de *P. mediterraneus*. g.l., graus de llibertat; SSD, suma de les desviacions quadràtiques, CV, components estimats de la variància.

Table 6. Molecular Variance Analysis (AMOVA) using *P. mediterraneus* ITS sequences g.l. degrees of freedom; SSD sum of the quadratic deviations, CV, estimated components of variance.

| Font de variabilitat | g.l | SSD | CV | % de variància |
|---|-----------|---------------|------------------------------|----------------|
| Interpoblacional | 2 | 4,017 | 0,046 | 4,14 |
| Intrapoblacional | 69 | 73,622 | 1,067 | 95,86 |
| Total | 71 | 77,639 | 1,113 | |
| Índex de fixació $F_{ST} = 0,041$ | | | P-valor = 0,028±0,005 | |

Taula 7. Comparació aparellada entre poblacions. Sobre la diagonal es mostren els valors de P i davall, els valors de l'índex de fixació (F_{ST}) basats en 1000 permutacions.

Table 7. Comparison between paired locations. Above the diagonal are showing P values and below, the values of the fixation index (F_{ST}) based in 1000 permutations.

| | Mallorca | Menorca | Eivissa |
|----------|----------|----------------|----------------|
| Mallorca | | 0,00684±0,0027 | 0,64258±0,0155 |
| Menorca | 0,05622 | | 0,45801±0,0179 |
| Eivissa | -0,02871 | -0,00416 | |

detectant-se mitjançant *hibridació in situ* a *O. edulis* al Golf de Manfredonia (sud d'Itàlia) i mitjançant PCR-RFLP a ostres i a *M. varia* a poblacions d'Alacant (est d'Espanya) (Ramilo *et al.*, 2015).

La perkinsosis és una greu amenaça pels cultius de bivalves a tot el món, amb dramàtiques conseqüències a molts indrets. Encara que es va detectar la presència de *P. mediterraneus* a les nostres mostres, no es van registrar mortalitats, tal i com succeeix amb altres espècies de *Perkinsus* a *Ruditapes decussatus* i *Cerastoderma glaucum* (Culurgioni *et al.*, 2006); amb *P. olseni* i *P. cheasapeaki* a cloïsses

procedents de França (Arzul *et al.*, 2012) i amb *P. marinus* a *Crassostrea corteziensis* en Mèxic (Escobedo-Fregoso *et al.*, 2015). En el cas de *P. marinus* les diferències al seu impacte sobre els mol·luscs bivalves s'associen amb les variacions en els factors ambientals (Oliver *et al.*, 1998), la virulència entre els diferents genotips de *P. marinus* (Bushek i Allen, 1996), i la variabilitat genètica entre els diferents estocs d'ostres, que poden conduir a diferències a la resistència a *P. marinus* (Encomio *et al.*, 2005). Una combinació d'aquests factors podria explicar la resistència a la infecció de *P.*

mediterraneus dels bivalves analitzats a aquest estudi.

A aquesta investigació exposem dades relatives a la prevalença de *P. mediterraneus*, que es semblant a la d'altres espècies de *Perkinsus* (Dungan et al., 2002; Colurgioni et al., 2006; Park et al., 2006; Sabry et al., 2009; da Silva et al., 2013; Escobedo-Fregoso et al., 2015). La prevalença màxima fou del 100% en *Mimachlamys varia* (octubre de 2013) al Port d'Andratx i *Pinna nobilis* (Cabrerà, setembre de 2011 i Port d'Andratx i Magalluf, octubre de 2011). El mínim (excloent *Mytilus galloprovincialis*, que sembla ser no susceptible a la infecció) va ser la no presència en *Chamelea gallina*, *Ostrea edulis*, *Pinna nobilis* i *Venus verrucosa*. Aquesta es detectà preferentment als mesos més freds. En aquest sentit, la dinàmica de la infecció per *Perkinsus mediterraneus* és similar a la de *P. marinus* en la badia de Chesapeake, amb valors màxims de detecció del paràsit a ostres al setembre i octubre, després del màxim estival de temperatura, i regressió de la infecció a l'hivern, segons la temperatura de l'aigua va baixant. Aquesta disminució de la prevalença a l'hivern es deu a la regressió de la infecció, i a la persistència del paràsit a nivells indetectables amb les tècniques estàndard de diagnòstic (Ragone i Burreson, 1994; Burreson i Ragone Calvo, 1996). La prevalença és superior als individus amb més d'1 any d'exposició al patògen (Andrews, 1996; Burreson i Ragone Calvo, 1996; Soniat, 1996; Powell et al., 1997; Park et al., 1999; Park i Choi, 2001; Villalba et al., 2005). En el cas de *C. gallina* els individus recollits a la platja de s'Arenal tenien una mida de $20,4 \pm 0,816$ mm, fet que indica que la seva edat n'és aproximadament un any (Vizúete et al., 1993). Aquesta és probablement la causa de

la baixa prevalença i baix grau d'infecció d'aquesta població.

La detecció rutinària de les infeccions de *Perkinsus* spp. als mol·luscs es fa amb l'assaig RFTM. L'ús de mètodes histològics per detectar aquestes infeccions és poc fiable perquè l'especificitat del mètode histològic és baixa. La sensibilitat és bona per a infeccions moderades i intenses, però és baixa per infeccions lleus, com hem apreciat a les nostres mostres (OIE, 2015). Amb finalitat diagnòstica *P. mediterraneus* pot detectar-se mitjançant PCR-RFLP. Aquesta metodologia proporciona perfils de restricció compatibles amb *P. mediterraneus* en totes les àrees investigades i espècies de bivalves. Diversos estudis informen de l'èxit amb l'ús de la regió rADN-ITS als anàlisis filogenètics per al diagnòstic molecular de les diferents espècies de *Perkinsus* (Brown et al., 2004; Burreson et al., 2005; Casas et al., 2002a; 2004; Dungan i Reece, 2006; Moss et al., 2008; Sabry et al., 2009; Sanil et al., 2012). Al present estudi, ambdós mètodes mostraren la mateixa eficiència en la identificació de *P. mediterraneus*. No obstant això, el RFLP per si mateix podria no identificar correctament l'espècie, especialment per a un possible nou membre del gènere *Perkinsus*. Per tant, la seqüenciació del fragment ITS ha demostrat ser molt útil per assignar les diferents espècies de *Perkinsus* i per a la detecció de la variabilitat genètica.

En base a la variabilitat genètica observada, les topologies dels arbres filogenètics mostraren una estreta relació entre totes les espècies de *Perkinsus*, encara que cada una d'elles formen un grup monofilètic. Com també s'indica a la bibliografia, les seqüències de la regió ITS suggereixen que *P. mediterraneus* s'agrupa estretament amb *P. honshuensis*, *P. olseni* i *P. marinus*. *P. qugwadi* és el més divergent

mentre que *P. chesapeaki* i *P. beihaiensis*, que són les espècies més similars entre si, es troben en una posició intermèdia (Casas *et al.*, 2002b; Villalba *et al.*, 2004; Moss *et al.*, 2008).

Les distàncies entre parells (*pairwise*) entre els nostres 12 haplotips fou del 0,40 %. Aquest valor va augmentar a 0,60 % en incloure les seqüències de *P. mediterraneus* del GenBank. Aquests valors estan dins del rang de les variacions intraespecífiques observades dintre de les espècies de *Perkinsus* actualment acceptades (Moss *et al.*, 2008). Aquests resultats recolzen el cicle de vida clonal típic d'aquests paràsits i descrits també a la literatura a altres espècies com *P. olseni* (Vilas *et al.*, 2011). Els mètodes d'inferència filogenètica emprats a aquest estudi, el TCS i l'arbre NJ detecten en conjunt tres grups diferents de *Perkinsus mediterraneus* en *O. edulis* de Menorca que es diferencien d'altres llinatges coespecífics. L'AMOVA recolza aquesta diferenciació entre les poblacions de Menorca i Mallorca, que sembla atribuïble a l'aïllament geogràfic del port de Maó i/o a la introducció d'ostres d'altres indrets (Grau *et al.*, 1987, Grau, 1989), que podrien portar el paràsit. No obstant això, la segona opció sembla poc probable, doncs no s'ha detectat *P. mediterraneus* fora del Mediterrani Occidental (Abollo *et al.*, 2006, Valencia *et al.*, 2014, Ramilo *et al.*, 2015). Altres factors, com la variabilitat ambiental, diferents localitats i dates de detecció, la translocació d'animals, l'activitat humana, poden tenir una certa influència (Oliver *et al.*, 1998; Bushek i Allen, 1996; Encomio *et al.*, 2005). En qualsevol cas, aquesta diferenciació indica qualche tipus d'aïllament d'aquestes mostres, i en aquest sentit, coneixem que a partir de 3 diferents cultius *in vitro* de *P. mediterraneus*, en concret PmG2, PmG3 i PmHt2, es varen obtenir 11 seqüències diferents (GenBank

nombres d'accés DQ-370482- DQ370492), 4 de les quals corresponen als haplotips H15, H16 i H17 (Abollo *et al.*, 2006). És possible que les condicions *in vitro* afavoriren la diferenciació genètica dels *P. mediterraneus* cultivats (Dungan *et al.*, 2002).

Recents investigacions (Ramilo *et al.*, 2015), han demostrat l'existència de *Perkinsus mediterraneus* a altres indrets del Mediterrani occidental. En aquest sentit, les seqüències obtingudes a ostres i romeres de Santa Pola (Alacant), d'ostra al golf de Manfredonia (Itàlia) i d'escupinya a Maó, presenten haplotips compatibles amb els obtinguts al nostre treball (en concret, H03, H04 i H06). No obstant això, a tres escopinyes gravades de Maó, han aparegut tres nous haplotips. Aquest resultat referma l'aïllament de les poblacions de l'illa de Menorca.

La regió ITS de l'ADN ribosomal té tres seqüències diferents (ITS1, 5.8S i ITS2). Es va trobar una major variabilitat a les regions ITS1 i ITS2 que a la 5.8S. Aquesta darrera regió presenta únicament una transició en l'haplotip 21. No podem descartar que aquestes diferències en la variabilitat podria ser també una conseqüència de la importància i el bon estat de conservació de la seqüència 5.8S.

Al present estudi no hem trobat co-infecció amb dues espècies de *Perkinsus*, encara que s'han descrit a la bibliografia: *P. marinus* i *P. chesapeaki* en les ostres *Crassostrea virginica* a la badia de Chesapeake (NE USA) (Pecher *et al.*, 2008; Reece *et al.*, 2008); *P. marinus* i *Perkinsus* spp. a *C. virginica* (NE USA) (Pecher *et al.*, 2008); *P. olseni* i *P. chesapeake-like* a *R. decussatus* de França (Arzul *et al.*, 2012), o *P. olseni* i *P. mediterraneus* en *V. verrucosa* (Ramilo *et al.*, 2010).

No es va detectar disminució de les poblacions ni mortalitats anòmales a les

altres localitats investigades per causa de *P. mediterraneus*, tal com també succeeix amb *P. olsenii* i *P. chesapeakei* en les copinyes a França (Arzul et al., 2012), i per *Perkinsus* spp. en *Ruditapes decussatus* i *Cerastoderma glaucum* a Itàlia (Culurgioni et al., 2006). Malgrat això, estan descrites mortalitats causades per la perkinsosi a diferents indrets del món i considerant la intensitat de la seva prevalença i grau d'infecció a les poblacions de bivalves de les Illes Balears hauria d'establir-se un programa de monitoratge d'aquesta malaltia.

Referències

- Abollo, E., Casas, S. M., Ceschia, G. i Villalba, A. 2006. Differential diagnosis of *Perkinsus* species by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism assay. *Mol. Cel. Probes*, 20, 323—329.
- Andrews, J. D. i Hewatt W. G. 1957. Oyster mortality studies in Virginia. II. The fungus disease caused by *Dermocystidium marinum* in oysters of Chesapeake Bay. *Ecol. Monogr.*, 27, 1-26.
- Andrews, J. D. 1996. History of *Perkinsus marinus*, a pathogen of oysters in Chesapeake Bay 1950-1984. *J. Shellfish Res.*, 15, 13-16.
- Arzul, I., Chollet, B., Michel, J., Robert, M., Garcia, C., Joly, J. P., François, C. i Miossec, L. 2012. One *Perkinsus* species may hide another: characterization of *Perkinsus* species present in clam production areas of France. *Parasitology*, 139 (13), 1757.
- Azevedo, C. 1989. Fine structure of *Perkinsus atlanticus* n. sp. (Apicomplexa, Perkinsea) parasite of the clam *Ruditapes decussatus* from Portugal. *The Journal of parasitology*, 75(4), 627-635.
- Blackbourne, J., Bower, S. M. i Meyer, G. R. 1998. *Perkinsus qugwadi* sp.nov. (incertae sedis), a pathogenic protozoan parasite of Japanese scallops, *Patinopecten yessoensis*, cultured in British Columbia, Canada. *Can. J. Zool.*, 76, 942-953.
- Bower, S. M., Blackbourn, J. i Meyer, G. R. 1998. Distribution, prevalence, and pathogenicity of the protozoan *Perkinsus qugwadi* in Japanese scallops, *Patinopecten yessoensis*, cultured in British Columbia, Canada. *Can. J. Zool.*, 76, 954-959.
- Brown, G. D., Hudson, K. L. i Reece, K. S. 2004. Multiple polymorphic sites at the ITS and ATAN loci in cultured isolates of *Perkinsus marinus*. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 51, 312-320.
- Burreson, E. M. i Ragone Calvo, L. M. 1996. Epizootiology of *Perkinsus marinus* disease of oysters in Chesapeake Bay, with emphasis on data since 1985. *J. Shellfish Res.*, 15, 17-34.
- Burreson, E. M., Reece, K. S. i Dungan, C. F. 2005. Molecular, morphological, and experimental evidence support the synonymy of *Perkinsus chesapeakei* and *Perkinsus andrewsi*. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 52, 258-270.
- Bushek, D. i Allen, S. 1996. Host-parasite interactions among broadly distributed populations of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and the protozoan *Perkinsus marinus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 139, 127-141.
- Cáceres-Martínez, J., Ortega, M. G., Vásquez-Yeomans, R., García, T. D. J. P., Stokes, N. A. i Carnegie, R. B. 2012. Natural and cultured populations of the mangrove oyster *Saccostrea palmula* from Sinaloa, Mexico, infected by *Perkinsus marinus*. *Journal of invertebrate pathology*, 110(3), 321-325.
- Carrasco, N., Rojas, M., Aceituno, P., Andree, K. B., Lacuesta, B. i Furones, M. D. 2014. *Perkinsus chesapeakei* observed in a new host, the European common edible cockle *Cerastoderma edule*, in the Spanish Mediterranean coast. *Journal of invertebrate pathology*, 117, 56-60.
- Casas, S. M., Villalba, A. i Reece, K. S. 2002a. Study of perkinsosis in the carpet shell clam *Tapes decussatus* in Galicia (NW Spain). I. Identification of the aetiological agent and in vitro modulation of zoosporulation by

- temperature and salinity. *Diseases of aquatic organisms*, 50, 51-65.
- Casas, S. M., La Peyre, J. F., Reece, K. S., Azevedo, C. i Villalba, A. 2002b. Continuous in vitro culture of the carpet shell clam *Tapes decussatus* protozoan parasite *Perkinsus atlanticus*. *Diseases of aquatic organisms*, 52(3), 217-231.
- Casas, S.M., Grau, A., Reece, K.S., Apakupakul, K., Azevedo, C. i Villalba, A. 2004. *Perkinsus mediterraneus* n. sp., a protistan parasite of the European flat oyster *Ostrea edulis* from the Balearic Islands, Mediterranean Sea. *Diseases of aquatic organisms*, 58(2/3), 231-244.
- Choi, K. S. i Park, K. I. 1997. Report on the occurrence of *Perkinsus* sp. in the Manila clams, *Ruditapes philippinarum* in Korea. *J. Aquacult.*, 10, 227-237.
- Clement, M., Posada, D. i Crandall, K. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Mol. Ecol.* 9(10), 1657-1660.
- Culurgioni, J., d'Amico, V., de Murtas, R., Trotti, G.C. i Figus, V. 2006. Parasitological monitoring of commercial native bivalves from St. Gilla lagoon (Sardinia, South Western Mediterranean). *Ittiopatologia*, 3, 243-252.
- da Ros, L. i Canonzier, W. J. 1985. *Perkinsus*, a protistan threat to bivalve culture in the Mediterranean basin. *Bull. Eur. Assoc. Fish. Pathol.*, 5, 23-27.
- da Silva, P. M., Vianna, R. T., Guertler, C., Ferreira, L. P., Santana, L. N., Fernández-Boo, S., Ramilo, A., Cao, A. i Villalba, A. 2013. First report of the protozoan parasite *Perkinsus marinus* in South America, infecting mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* from the Paraiba River (NE, Brazil). *J. Invertebr. Pathol.*, 113(1), 96-103.
- da Silva, P. M., Scardua, M. P., Vianna, R. T., Mendonça, R. C., Vieira, C. B., Dungan, C. F., Scott, G.P. i Reece, K. S. 2014. Two *Perkinsus* spp. infect *Crassostrea gasar* oysters from cultured and wild populations of the Rio São Francisco estuary, Sergipe, northeastern Brazil. *Journal of invertebrate pathology*, 119, 62-71.
- de la Herrán, R., Garrido-Ramos, M.A., Navas, J. I., Ruíz-Rejón, C. i Ruíz-Rejón, M. 2000. Molecular characterization of the ribosomal RNA gene region of *Perkinsus atlanticus*: its use in phylogenetic analysis and as a target for a molecular diagnosis. *Parasitology*, 120, 345-353.
- Dungan, C. F., Hamilton, R. M., Hudson, K. L., McCollough, C. B. i Reece, K. S. 2002. Two epizootic diseases in Chesapeake Bay commercial clams, *Mya arenaria* and *Tagelus plebeius*. *Dis. Aquat. Org.* 50, 67-78.
- Dungan, C. F. i Reece, K. S. 2006. In vitro propagation of two *Perkinsus* spp. parasites from Japanese Manila clams *Venerupis philippinarum* and description of *Perkinsus honshuensis* n. sp. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 53, 316-326.
- Dungan C. F., Reece, K. S., Hamilton, R.M., Stokes, N.A. i Burreson, E.M. 2007a. Experimental cross-infections by *Perkinsus marinus* and *P. chesapeakei* in three sympatric species of Chesapeake Bay oysters and clams. *Dis. Aquat.Org.*, 76, 67-75.
- Dungan, C.F., Reece, K.S., Moss, J.S., Hamilton, R.M. i Diggles, B.K. 2007b. *Perkinsus olseni* in Vitro isolates from the New Zealand clam *Austrovenus stutchburyi*. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 54, 263-270.
- Elandaloussi, L., Carrasco, N., Furones, D. i Roque, A. 2009. Phylogenetic relationship of *Perkinsus olseni* from the Ebro Delta, Spain, to other *Perkinsus* species, based on ribosomal ADN sequences. *Dis. Aquat. Org.*, 86, 135-142.
- Encomio, V. G., Stickler, S. M., Allen Jr, S. K. i Chu, F. L. 2005. Performance of "natural dermo-resistant" oyster stocks-survival, disease, growth, condition and energy reserves. *Journal of Shellfish Research*, 24(1), 143-155.
- Escobedo-Fregoso, C, Arzul, I., Carrasco N., Gutiérrez-Rivera, JN, Llera-Herrera, R i Vázquez-Juárez, R 2015. Polymorphism at the ITS and NTS loci of *Perkinsus marinus* isolated from cultivated oyster *Crassostrea corteziensis* in Nayarit, Mexico and phylogenetic relationship to *P. marinus* along

- the Atlantic Coast. *Transboundary and emerging diseases*, 62 (2), 137-147.
- Excoffier, L. i Lischer, H. E. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*, 10, 564-567.
- Ferreira, L. P., Sabry, R. C., da Silva, P. M., Gesteira, T. C. V., de Souza Romão, L., Paz, M. P., Galdino Feijó, R., Dantas Neto, M. P. i Maggioni, R. 2015. First report of *Perkinsus beihaiensis* in wild clams *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia: Veneridae) in Brazil. *Experimental parasitology*, 150, 67-70.
- Ford, S. E., 1996. Range extension by the oyster parasite *Perkinsus marinus* into the Northeastern United States: response to climate change? *J. Shellfish Res.*, 15, 15-56.
- Goggin, C. L. i Lester, R. J. G. 1995. *Perkinsus*, a protistan parasite of abalone in Australia: a review. *Mar. Freshw. Res.*, 46, 639-646.
- Grau, A. M., Pastor, E., Pou, S., Riera, F., Reus, L., Reñones, O. 1987. L'Estació d'Aqüicultura del Port d'Andratx. I Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears: 159-160.
- Grau, A. M. 1989. Aproximació a l'evolució històrica ia la situació actual del marisc o el marisqueig a Maó (Menorca). Jornades sobre conservació i desenvolupament a Menorca, 29-30.
- Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser.*, 41, 95-98.
- Howard, D.W. i Smith, C.S. 2004. Histological techniques for marine bivalve mollusks. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Northeast Fisheries Center.
- Leethochavalit, S. Chalermwat, K., Upatham, E.S., Choi, K.S., Sawangwong, P. i Kruatrachue, M. 2004. Occurrence of *Perkinsus* sp. in undulated surf clams *Paphia undulata* from the Gulf of Thailand. *Dis Aquat. Org.*, 60, 165-171.
- Lester, R. J. G. i Davis, G. H. G. 1981. A new *Perkinsus* species (Apicomplexa, Perkinsea) from the abalone *Haliotis ruber*. *J. Invertebr. Pathol.*, 37, 181-187.
- Librado, P. i Rozas, J. 2009. DnaSp v5: a software for comprehensive analysis of ADN polymorphism data. *Bioinformatics* 25, 1451-1452.
- Mackin, J. G. i Hopkins, S. H. 1962. Studies on oyster mortality in relation to natural environment and to oil fields in Louisiana. *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Tex.*, 7, 3-131.
- Moss, J. A., Burreson, E. M., Cordes, J. F., Dungan, C. F., Brown, G. D., Wang, A., Wu, X. i Reece, K. S. 2007. Pathogens in *Crassostrea ariakensis* and other Asian oyster species: implications for non-native oyster introduction to Chesapeake Bay. *Dis. Aquat. Org.*, 77, 207-223.
- Moss, J. A., Xiao, J. I. E., Dungan C. F. i Reece, K. S. 2008. Description of *Perkinsus beihaiensis* n. sp., a new *Perkinsus* sp. parasite in oysters of southern China. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 55, 117-130.
- Murrell, A., Kleeman, S. N., Barker S. C i Lester, R. J. G. 2002. Synonymy of *Perkinsus olseni* Lester and Davis, 1981 and *Perkinsus atlanticus* Azevedo, 1989 and an update on the phylogenetic position of the genus *Perkinsus*. *Bull. Eur. Assoc. Fish. Pathol.*, 22, 258-265.
- OIE 2015. Manual de pruebas de diagnóstico para los animales acuáticos. <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/manual-acuatico>.
- Oliver, L. M., Fisher, W. S., Ford, S. E., Calvo, L. M., Burreson, E. M., Sutton, E. B. i Gandy, J. 1998. *Perkinsus marinus* tissue distribution and seasonal variation in oysters *Crassostrea virginica* from Florida, Virginia and New York. *Dis. Aquat. Org.*, 34, 51-61.
- Park, K. I., Choi, K. S. i Choi, J. W. 1999. Epizootiology of *Perkinsus* sp. found in the manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Komsoe bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 32, 303-309.
- Park, K. I. i Choi, K. S. 2001. Spatial distribution of the protozoan parasite *Perkinsus* sp. found in the Manila clams, *Ruditapes philippinarum*, in Korea. *Aquaculture*, 203, 9-22.

- Park, K.I., Park, J.K., Lee, J. i Choi, K.S. 2005. Use of molecular markers for species identification of Korean *Perkinsus* sp. isolated from Manila clams *Ruditapes philippinarum*. *Dis. Aquat. Org.*, 66, 255-263.
- Park, K. I., Ngo, T. T., Choi, S. D., Cho, M. i Choi, K. S. 2006. Occurrence of *Perkinsus olseni* in the Venus clam *Protothaca jedoensis* in Korean waters. *Journal of invertebrate pathology*, 93(2), 81-87.
- Pecher, W. T., Alavi, M. R., Schott, E. J., Fernández-Robledo, J. A., Roth, L., Berg S. T. i Vasta, G. R. 2008. Assessment of the northern distribution range of selected *Perkinsus* species in eastern oysters (*Crassostrea virginica*) and hard clams (*Mercenaria mercenaria*) with the use of PCR-based detection assays. *J. Parasitol.*, 94, 410-422.
- Powell, E. N., Klinck, J. M. i Hofmann, E. E. 1997. Modeling diseased oyster populations. 2. Triggering mechanisms for *Perkinsus marinus* epizootics. *J. Shellfish Res.*, 15, 141-165.
- Ragone, L. M. i Bureson, E. M., 1994. Characterization of overwintering infections of *Perkinsus marinus* (Apicomplexa) in Chesapeake Bay oysters. *J. Shellfish Res.*, 13, 123-130.
- Ramilo A., Villalba, A., Ceschia, G. i Abollo, E. 2010. Molecular identification of *Perkinsus* species (Protozoa) infecting commercial bivalves in Mediterranean waters. *Aquaculture Europe 2010*. 1077-1078.
- Ramilo, A., Carrasco, N., Reece, K. S., Valencia, J. M., Grau, A., Aceituno, P., Rojas, M., Gairin, I., Fuomes, M. D., Abollo, E. i Villalba, A. 2015. Update of information on perkinsosis in NW Mediterranean coast: Identification of *Perkinsus* spp.(Protista) in new locations and hosts. *Journal of invertebrate pathology*, 125, 37-41.
- Ray, S. M. 1954. Biological studies of *Dermocystidium marinum*. *Rice Inst. Pamphlet*, 41, 1-114.
- Ray, S. M. 1966. A review of the culture method of detecting *Dermocystidium marinum* with suggested modifications and precautions. *Proc. Natl. Shellfish Assoc.*, 54, 55-69.
- Reece, K. S., Siddall, M. E., Bureson, E. M. i Graves, J. E. 1997. Phylogenetic analysis of *Perkinsus* based on actin gene sequences. *J. Parasitol.*, 83, 417-423.
- Reece, K. S., Dungan, C. F. i Bureson, E. M. 2008. Molecular epizootiology of *Perkinsus marinus* and *P. chesapeaki* infections among wild oysters and clams in the Chesapeake Bay, USA. *Dis. Aquat. Org.*, 82, 237-248.
- Sabry, R. C., Rosa, R. D., Magalhaes, A. R. M., Barracco, M. A., Gesteira, T. C. V. i da Silva, P. M. 2009. First report of *Perkinsus* sp. infecting mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* from the Brazilian coast. *Dis. Aquat. Org.*, 88, 13-23.
- Saldarriaga, J. F., McEwan, M. L., Fast, N. M., Taylor, F. J. i Keeling, P. J. 2003. Multiple protein phylogenies show that *Oxyrrhis marina* and *Perkinsus marinus* are early branches of the dinoflagellate lineage. *Internat. J. System. Evolut. Microbiol.*, 53, 355-365.
- Sanil, N. K., Vijayan, K. K., Kripa, V. i Mohamed, K. S. 2010. Occurrence of the protozoan parasite, *Perkinsus olseni* in the wild and farmed pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould) from the southeast coast of India. *Aquaculture*, 299, 8-14.
- Sanil, N. K., Suja, G., Lijo J. i Vijayan, K. K. 2012. First report of *Perkinsus beihaiensis* in *Crassostrea madrasensis* from the Indian subcontinent. *Dis. Aquat. Org.*, 98, 209-220.
- Santmartí, M. M., García-Valero, J., Montes, J. F., Pech A. i Dürfort, M. 1995. Seguimiento del protozoo *Perkinsus* sp., en las poblaciones de *Tapes decussatus* y *Tapes semidecussatus* del delta del Ebro. *Actas del V Congreso Nacional de Acuicultura*, 260-265.
- Sheppard, B.J. i Phillips, A. C. 2008. *Perkinsus olseni* detected in Vietnamese aquacultured reef clams *Tridacna crocea* imported to the USA, following a mortality event. *Dis. Aquat. Org.*, 79, 229-235
- Siddall, M. E., Reece, K. S., Graves, J. E. i Bureson, E. M. 1997: 'Total evidence' refutes the inclusion of *Perkinsus* species in

- the phylum Apicomplexa. *Parasitol.*, 2, 165-176.
- Soniat, T. M., 1996. Epizootiology of *Perkinsus marinus* disease of eastern oysters in the Gulf of Mexico. *J. Shellfish Res.*, 15, 35-44.
- Tajima, F. i Nei, M. 1984, Estimation of evolutionary distance between nucleotide sequences. *Mol. Biol. Evol.*, 1, 269-285.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M. i Kumar, S. 2011, MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Biol. Evol.*, 28, 2731-2739.
- Thompson, J. D., Higgins, D. G. i Gibson, T. J. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.*, 22, 4673-4680.
- Valencia, J. M. 2010. Second record of *Perkinsus mediterraneus* in Balearic Islands, Spain, Western mediterranean. *Aquaculture Europe 2010*, 1326-1327.
- Valencia, J. M., Bassitta, M., Picornell, A., Ramon, C. i Castro, J. A. 2014. New data on *Perkinsus mediterraneus* in the Balearic Archipelago: locations and affected species. *Diseases of aquatic organisms*, 112(1), 69-82.
- Vilas, R., Cao, A., Pardo, B. G., Fernandez, S., Villalba, A. i Martínez, P. 2011. Very low microsatellite polymorphism and large heterozygote deficits suggest founder effects and cryptic structure in the parasite *Perkinsus olseni*. *Infect. Genet. Evol.*, 11, 904-911.
- Villalba, A., Reece, K. S., Camino Ordás, M., Casas, S. M. i Figueras, A. 2004. Perkinsosis in molluscs: A review. *Aquat. Living Resour.*, 17, 411-432.
- Villalba, A., Casas, S. M., López, C. i Carballal, M. J. 2005. Study of perkinsosis in the carpet shell clam *Tapes decussatus* in Galicia (NW Spain). II. Temporal pattern of disease dynamics and association with clam mortality. *Dis. Aquat. Org.*, 65, 257-267.
- Vizuet, F., Martínez, P. i Mas, J. 1993. Estudio del ciclo reproductivo de *Chamelea gallina* L., en la bahía de Mazarrón (SE de la península Ibérica). *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 11, 49-55.
- Zhang, X, Liang, Y., Fan, J., Zhang, W., Pu, H., Liang, B., Chen, H. i Song, L. 2005. Identification of *Perkinsus*-like parasite in Manila clam, *Ruditapes philippinarum* using ADN molecular marker at ITS region. *Acta Oceanologica Sinica*, 24, 139-144.

Una nova població de *Discus* (*Gonyodiscus*) *rotundatus* (O. F. Müller, 1774) (Pulmonata: Discidae) a Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)

Jacint ALTIMIRAS, Eva CASASSAS i Josep QUINTANA

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Altimiras, J., Casassas, E. i Quintana, J. 2016. Una nova població de *Discus* (*Gonyodiscus*) *rotundatus* (O. F. Müller, 1774) (Pulmonata: Discidae) a Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 35-38. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es dona a conèixer la presència d'una nova població de *Discus* (*Gonyodiscus*) *rotundatus* (O. F. Müller, 1774) localitzada al nord de l'illa de Mallorca, concretament a la zona de Formentor. A més, es recullen totes les citacions bibliogràfiques existents d'aquesta espècie a l'illa. Al tractar-se d'una introducció relativament recent, aquest treball es útil per conèixer més exactament el model d'expansió geogràfic d'una espècie introduïda en un hàbitat insular i els possibles canvis conchiliològics soferts com a adaptació a aquest nou hàbitat.

Paraules clau: *Molluscs Terrestres; Espècie Al·lòctona; Nova Localitat; Procés Incipient de Colonització; Canvi de Mida.*

A NEW POPULATION OF *Discus* (*Gonyodiscus*) *rotundatus* (O. F. MÜLLER, 1774) (PULMONATA: DISCIDAE) IN MALLORCA (BALEARIC ISLANDS, WESTERN MEDITERRANEAN). A new population of *Discus* (*Gonyodiscus*) *rotundatus* (O. F. Müller, 1774) from the north of Mallorca (Formentor zone) is released. Furthermore, all known localities in the island are compiled. Given that the species has been recently introduced, the knowledge of the different populations with the discovery first date are useful in order to understand the geographical expansion model of this species in Mallorca. The shells of the new population are characterized by a very little size, probably as an adaptation to the new insular habitat.

Keywords: *Terrestrial Molluscs, Introduced Species, New Location, Incipient Process of Colonisation, Change of Size.*

Jacint ALTIMIRAS. *Grup de recerca de Malacologia del Quaternari. Museu Geològic del Seminari de Barcelona. Diputació, 231. 08007. Barcelona. Spain. Autor de correspondència: Adreça postal: Carrer Sant Genís, 29. 08670 Navàs (Barcelona). E-mail: jacint.altimiras@gmail.com; Eva CASASSAS. Grup de recerca de Malacologia del Quaternari. Museu Geològic del Seminari de Barcelona. Diputació, 231. 08007. Barcelona. Spain. Adreça postal: Carrer Mercè Rodoreda, 34. 08500 Vic (Barcelona); Josep QUINTANA. Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, Carrer de les Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès (Barcelona, Espanya). Adreça postal: Carrer Gustau Mas, 79-1er, 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears, Espanya).*

Recepció del manuscrit: 11-oct-16; revisió acceptada: 27-oct-16.

Introducció

Discus (Gonyodiscus) rotundatus (O. F. Müller, 1774) es distribueix per una bona part d'Europa central i occidental (Kerney, *et al.*, 1983), Península Ibèrica (Cadevall i Orozco, 2016) i el nord d'Àfrica (Haas, 1929). Aquest tàxon es troba en indrets molt diversos, des de molt humits fins a secs, en boscos i en els troncs dels arbres o dessota pedres (Kerney *et al.*, 1983). *D. rotundatus* ha estat assenyalada per Gasull (1965, 1966) en els detrits de les platges de Menorca (Gasull, 1966). Altaba (1996) assenyalava aquesta espècie d'una mostra de detrits al·luvials del torrent de Canyamel (Capdepera, nord-est de Mallorca). Beckmann (2007) assenyalava haver trobat exemplars al Torrent de Sant Jordi al Port de Pollença (primera referència: 1998), al Torrent de Sa Farinera (Capdepera) (primera referència d'exemplars vius: 2006), a la Granja (Esporles) (exemplars vius trobats el 2006) i a Deià (un exemplar juvenil, trobat el 2006) (Fig. 1).

Aquesta nota té per objectiu donar a conèixer, la presència d'una nova població, formada per exemplars vius, de *D. rotundatus* a l'illa de Mallorca. Les mides de les closques dels exemplars mallorquins s'han comparat amb les d'una població de la Península Ibèrica procedent de Collserola, a prop de Cerdanyola del Vallès (Barcelona) (taula 1).

Metodologia i resultats

Es va visitar, l'agost del 2004, la península de Formentor (Pollença, Mallorca), concretament la Cala Pi de la Posada (quadricula UTM 10 x 10 km: 31TEE1010 i 31TEE1020; altura: 3 m). Després d'una fina pluja, es van començar a veure uns deu individus sortint de la part

Fig. 1. Situació de les poblacions de *D. rotundatus* a Mallorca. 1: Formentor (dades pròpies, cercle negre). Dades bibliogràfiques (cercles blancs). 2: Torrent de Sant Jordi; 3: Deià; 4: Granja d'Esporles; 5: Torrent de sa Farinera (segons Beckmann (2007)). 6: Torrent de Canyamel (segons Altaba, 1996).

Fig. 1. Situation of the populations of *D. rotundatus* in Mallorca. 1: Formentor (own data, black circle). Bibliographic data (white circle). 2: Torrent de Sant Jordi Stream (Port de Pollença); 3: Deià; 4: Granja d'Esporles; 5: Torrent de sa Farinera (according to Beckmann (2007)). 6: Torrent de Canyamel (according to Altaba, 1996).



superior d'una paret de pedra seca situada vora la platja.

Per a la determinació del tàxon s'ha utilitzat la descripció de les característiques conquiològiques i el dibuix 7 de la làmina 3 de Kerney *et al.* (1983). Les mides de les closques han estat preses amb un calibrador digital amb un marge d'error de $\pm 0,01$ mm.

Discussió

Segons la bibliografia existent referent a les Illes Balears (Gasull, 1965, 1966;

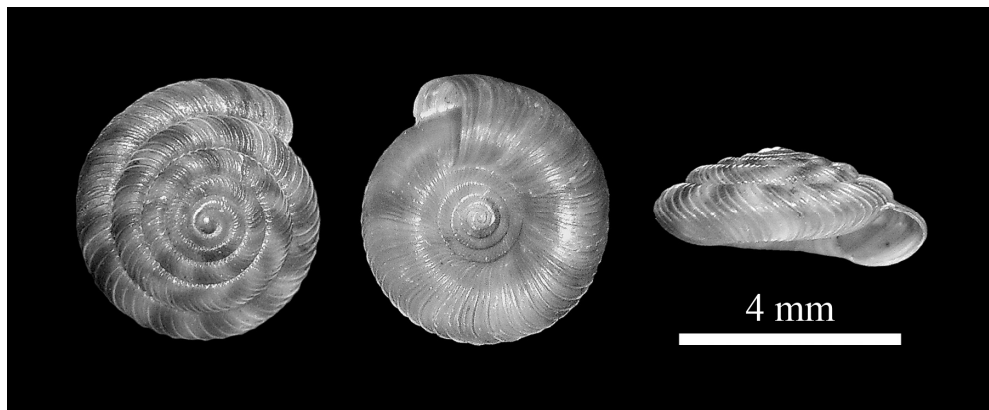


Fig. 2. *D. rotundatus* procedent de Formentor, en vista dorsal (esquerra), ventral (centre) i lateral (dreta).

Fig. 2. *D. rotundatus* from Formentor, in dorsal view (left), ventral view (centre) and lateral view (right).

Altaba, 1996; Beckmann, 2007), *D. rotundatus* es localitza únicament a les Serres de Tramuntana i de Llevant de Mallorca. Segons Kerney *et al.* (1983) i Giusti *et al.* (1995) l'home ha estat el responsable de la dispersió passiva d'aquesta espècie a diverses zones d'Europa. Segons Altaba (1996) la introducció a Mallorca s'hauria produït a través de la importació de plantes o de sòl. Aquest també podria ser el cas de la població de Formentor o de les poblacions d'animals vius trobades a Capdepera i Esporles citades per en Beckmann (2007), que haurien reeixit i format petites colònies.

Cal destacar la petita mida dels individus trobats a Formentor (Fig. 2, Taula 1). No es tracta d'exemplars juvenils, ja que

mostren les obertures i els peristomes ben acabats. Possiblement, és una adaptació d'aquests individus a un hàbitat costaner més aviat eixut.

Des d'un punt de vista històric, la primera localitat citada de *D. rotundatus* correspon a Gasull (1966), que té, des del nostre punt de vista, un valor relatiu, al tractar-se d'exemplars morts trobats a la platja, transportats a les costes de les Illes Balears pels corrents marítics i per tant, amb un origen incert.

En canvi, és molt possible que les closques citades per Altaba (1996) tinguin el seu origen en alguna població situada a la part nord-oriental de Mallorca i per tant,

| Localitat | n | Diàmetre | | | Alçada | | |
|------------|----|-----------|--------|------|-----------|--------|------|
| | | Màx.-mín. | Promig | SD | Màx.-mín. | Promig | SD |
| Mallorca | 3 | 4,89-4,16 | 4,52 | 0,36 | 1,96-1,88 | 1,90 | 0,04 |
| Collserola | 10 | 7,13-5,43 | 6,07 | 0,51 | 2,68-2,05 | 2,29 | 0,19 |

Taula 1. Comparació de les mides (en mm) de les closques de *D. rotundatus* de Mallorca i Cerdanyola del Vallès (Barcelona). Max: màxim; min: mínim; SD: desviació estàndard.

Table 1. Comparison of the sizes (in mm) of the shells of *D. rotundatus* from Mallorca and Cerdanyola del Vallès (Barcelona). Max: maximum; min: minimum; SD: standard deviation.

corresponguin al primer registre històric fiable de *D. rotundatus* a Mallorca. En aquest sentit, des d'aquest primer registre fins a l'últim (Formentor, agost de 2004) només s'han localitzat sis punts on aquesta espècie es present: quatre a la Serra de Tramuntana i dos a les Serres de Llevant. Molt possiblement, la major altura de la majoria d'aquests indrets ha estat un factor positiu a l'hora de l'establiment de poblacions permanents de *D. rotundatus* a Mallorca. De totes maneres, *D. rotundatus* té una alta capacitat colonitzadora degut a l'alt rang de temperatures que pot arribar a tolerar (Giusti *et al.*, 1995). La presència d'una població estable a la zona de Formentor, caracteritzada per un ambient xèric i halòfil, es un clar indicatiu d'aquesta tolerància i plasticitat, que també queda reflectida en la reducció de la seva mida corporal.

Bibliografia

- Altaba, C.R. 1996. Presence of *Discus rotundatus* (Gastropoda, Endodontidae) on the island of Mallorca. *Miscel.lània Zoològica*, 19.1: 51.
- Beckmann, K.-H. 2007. *Die Land- und Süßwasserschnecken der Balearischen Inseln*. ConchBooks. 255 p.
- Cadevall, J. i Orozco, A. 2016. *Caracoles y babosas de la Península Ibérica y Baleares*. Ed. Omega, Barcelona. 817 pp.
- Gasull, L. 1965. Algunos moluscos terrestres y de agua dulce de las Baleares. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 11:7-161.
- Gasull, L. 1966. La insularidad de las Islas Baleares desde el punto de vista de la malacología terrestre. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 12: 149-156.
- Giusti, F., Manganelli, G. i Schembri, P. J. 1995. *The non-marine molluscs of the Maltese Islands*. Monografia 15 del Museo Regionale di Scienze Naturale (Torino). 607 pp.
- Haas, F. 1929. Fauna malacològica terrestre y de agua dulce de Cataluña. *Treb. Mus. Cienc. Nat.* Barcelona, 13. 491 pp.
- Kerney, M.P., Cameron, R.A.D. i Jungbluth, J.H. 1983. *Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas*. Hamburg und Berlin. Paul Parey. 384 pp.

Tàxons inèdits o poc coneguts per al Pleistocè superior litoral de Mallorca (Illes Balears, Mediterrani occidental) i consideracions sobre alguns jaciments

Josep JUÁREZ i Rafel MATAMALES-ANDREU

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Juárez, J. i Matamales-Andreu, R. 2016. Tàxons inèdits o poc coneguts per al Pleistocè superior litoral de Mallorca (Illes Balears, Mediterrani occidental) i consideracions sobre alguns jaciments. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 39-67. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es documenten per primera vegada al registre fòssil del Pleistocè superior de Mallorca els següents tàxons: *Turritella turbona* Monterosato, 1877, *Semicassis saburon* (Bruguière, 1792), *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758) i *Conus tabidus* Reeve, 1844, essent aquesta darrera espècie una nova cita al registre fòssil i una espècie inclosa dins la fauna termòfila anomenada 'senegalesa'. S'afegeixen, a més, un extens conjunt d'espècies inèdites als jaciments d'on provenen, algunes de rellevància paleoclimàtica i paleoecològica. Es citen restes de *Myotragus balearicus* Bate, 1909 dins un dipòsit litoral del OISS-5e, cas inèdit a Balears. En darrer terme, es fan algunes consideracions sobre l'estratigrafia d'algunes localitats com illeta de camp de Mar, punta Negra, torre de s'Estalella, na Llarga, cala Murada, cala Morlanda, cala Mosca, cala Nau, cala Mesquida i torrent de son Real.

Paraules clau: *Pleistocè superior; Mallorca; OISS-5e.*

NEW OR LITTLE-KNOWN TAXA FOR THE COASTAL LATE PLEISTOCENE OF MAJORCA (BALEARIC ISLANDS, WESTERN MEDITERRANEAN) AND CONSIDERATIONS ON SOME LOCALITIES. The following taxa are reported for the first time in the fossil record of the late Pleistocene of Majorca: *Turritella turbona* Monterosato, 1877, *Semicassis saburon* (Bruguière, 1792), *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758) and *Conus tabidus* Reeve, 1844. *Conus tabidus*, included in the so-called 'senegalese' thermophilous fauna, is also a new species for the fossil record. What is more, an extensive number of unlisted species in particular localities is also added, some with paleoclimatic and paleoecological significance. Fossil remains of *Myotragus balearicus* Bate, 1909 are also recorded for the first time from an OISS-5e litoral deposit. Finally, considerations about some localities such as Illeta de camp de Mar, Punta Negra, Torre de s'Estalella, Na Llarga, Cala Murada, Cala Morlanda, Cala Mosca, Cala Nau, Cala Mesquida and Torrent de son Real are also briefly discussed.

Key words: *Late Pleistocene; Majorca; OISS-5e.*

Josep JUÁREZ RUIZ. Societat d'Història Natural de les Balears. C/ Margalida Xirgu, 16, baixos, 07011, Palma (Illes Balears, Espanya): nite1988@hotmail.com (autor de correspondència). Rafel MATAMALES ANDREU. C/ Trafalgar 1, 1r. 07500 Manacor (Illes Balears, Espanya): rafelmatamales@hotmail.com.

Recepció del manuscrit: 22-abril-16; revisió acceptada: 8-nov-16.

Introducció i objectius

El Quaternari litoral a l'illa de Mallorca constitueix actualment una de les principals línies d'investigació en el camp de les Ciències de la Terra a Balears. Aquest s'estudia des de disciplines diverses, com són la geomorfologia, l'estratigrafia i la paleontologia. Com a resultat, Mallorca esdevé un dels indrets de referència internacional pel que fa a l'estudi d'aquest període geològic.

Aquest treball pretén actualitzar les llistes d'espècies trobades als diferents jaciments mallorquins, així com introduir quatre noves espècies i un nou gènere al registre fòssil del Pleistocè superior de Mallorca. Per aquest motiu, l'estratigrafia precisa dels jaciments d'on provenen no es tracta o bé es fa molt supèrfluament, exceptuant els casos on es considera oportú fer algunes observacions particulars. Els autors d'aquest article referim a la detallada monografia de Cuerda (1987) pel que fa a la majoria de les espècies ja citades i a l'extensa tesi de Vicens (2015) pel que fa als jaciments.

Antecedents

Le primeres mencions paleontològiques i estratigràfiques del Quaternari a Mallorca són efectuades per La Marmora (1834) i Haime (1855), si bé són breus línies dins de treballs de caire més general. Hermite (1879) és el primer autor en fer esment detallat d'alguns jaciments illencs. Gignoux (1913) crida l'atenció al respecte de les relacions dels afloraments mallorquins vers altres indrets del Mediterrani, definint a més un conjunt faunístic de caire termòfil no present actualment a aquest mar, batejat com fauna 'senegalesa', de gran

importància paleoclimàtica. Fallot (1922) sintetitza algunes de les contribucions prèvies.

No obstant, no és fins la meitat del segle XX quan la paleontologia i l'estratigrafia del Quaternari cobra realment importància amb els estudis preliminars de Cuerda i Muntaner (1952), Cuerda (1957) i Muntaner (1957) sobre les platges del Pleistocè superior, encara que la tasca d'investigació ja havia començat als anys quaranta. Gràcies a aquests autors, l'INQUA (International Quaternary Congress) visità Mallorca al 1957, començant una etapa d'intensa investigació quaternarista, on destaquen els nombrosos treballs de Cuerda en col·laboració amb altres autors (e.g., Butzer i Cuerda 1961; 1962; Cuerda i Sacarés, 1966; 1970). Paral·lelament es publiquen les primeres datacions absolutes de jaciments illencs (Stearns i Thurber, 1965).

Després d'aquesta etapa prolífica, Cuerda (1975; 1987) sintetitza en dues grans monografies tots els coneixements que fins al moment es tenien sobre l'estratigrafia dels jaciments més rellevants i la fauna del Pleistocè superior mallorquí. No obstant, durant els darrers anys del segle no s'aturà la publicació de nombrosos treballs, més puntuals però també rellevants (e.g., Hearty, 1987; Cuerda *et al.*, 1991; Cuerda i Sacarés, 1992; Hilaire-Marcel *et al.*, 1996) que augmentaren notablement el corpus de coneixements assolits.

Ja entrant en el nou mil·lenni i després de la mort de Cuerda l'any 2003 les investigacions no han deixat de ser importants, fins al punt de fer-se imprescindibles per a l'estudi del Mediterrani durant el Pleistocè (e.g., Zazo *et al.*, 2003; Bardají *et al.*, 2009). Recentment han vist la llum dues grans obres al respecte: la monografia de Ginés *et*

al. (2012) i la tesi de Vicens (2015), que constitueix el treball més exhaustiu publicat mai sobre el Quaternari mallorquí.

Material i mètodes

Per a la nomenclatura dels diferents grups taxonòmics se segueix la base de dades de *World Register of Marine Species* (WoRMS, 2016). No obstant, per tal de facilitar la relació de les espècies citades anteriorment a Mallorca amb treballs anteriors on ja s'esmenten en altres jaciments, també es farà constar a l'apèndix 1, entre claudàtors, el nom utilitzat per Cuerda (1975; 1987), a continuació del nom actualment vigent. Els tàxons presents dins l'esmentat apèndix es troben ordenats seguint les fonts prèvies. Les generalitats sobre les espècies descrites (descripció, mides i hàbitat) estan extretes de D'Angelo i Gargiullo (1991) i observacions pròpies.

El material estudiat es troba dipositat en el Museu Balear de Ciències Naturals de Sóller (MBCN), en les col·leccions de Josep Juárez i Rafel Matamales Andreu. També s'han examinat exemplars de les col·leccions Cuerda i Fornés, que es troben a la Societat d'Història Natural de Balears (SHNB).

Per referir-se als diferents jaciments estudiats s'ha emprat a grans trets la toponímia de Vicens (2015), excepte pels jaciments de 'Cala Nao', 'Font Salada', 'Cala Véia' i 'Torre de s'Estellella'. En aquest treball seran anomenats com 'Cala Nau', en al·lusió al nom no castellanitzat de la localitat, 'Font Celada', al·ludint al significat original del nom, 'Cala Vella', per correcció ortogràfica i 'Torre de s'Estalella', respectivament (seguint la nomenclatura de IDEIB, 2016). De la mateixa manera, les diferents unitats dins cada jaciment segueixen la nomenclatura de

l'esmentada tesi, on sovint són basades directament en la font original.

Resultats

Classe *GASTROPODA* Cuvier, 1975
Família *TURRITELLIDAE* Lovén, 1847
Gènere *Turritella* Lamarck, 1799
Turritella turbona Monterosato, 1877
(Fig. 2, N)

Descripció. Closca estreta, notablement aguda, turriforme. Ornamentació de la teleoconquilla constant al llarg de l'ontogènia, constituïda per tres o quatre cordons paral·lels a l'eix d'enrotllament de l'espiral. Els dos més inferiors són notablement més prominents. La sutura és poc profunda i l'obertura és holostomada.

La mida varia entre els 20 i 80 mm.

Hàbitat. Fons fangosos infralitorals, fins a una profunditat d'uns 30 metres.

Distribució geogràfica i estratigràfica. La distribució actual d'aquesta espècie comprèn el mar Mediterrani i l'Atlàntic nord (WoRMS, 2016).

Ha estat citat en estat fòssil a l'OIS-5 del subsòl de la ciutat de Livorno (Ciampalini *et al.*, 2014) i al nord de Sicília (Rosso *et al.*, 2012), a Itàlia. També es coneix de la formació Red Craig (Plioquaternari) del Regne Unit (NMR, 2016).

Observacions. L'únic exemplar trobat a Mallorca és un fragment provinent de l'OISS-5e del nivell 'b' del jaciment de la cova des Coloms (col. Juárez). Del proper jaciment del racó de s'aigua Dolça prové un exemplar determinat com *Turritella* sp. (Vicens, 2015), l'única cita prèvia del gènere al Quaternari mallorquí, que se suma a la de Cuerda (1976) de s'Espalmador, a Cabrera, també sota la mateixa determinació oberta.

Família *RANELLIDAE* Gray, 1854

Gènere *Monoplex* Perry, 1810

Monoplex trigonus (Gmelin, 1791)

(Fig. 2, A1-A2, B1-B2, C1-C2, D1-D2, E, F; Taula 1)

Descripció. Closca fusiforme, amb l'espiral lleugerament elevada i la regió apical arrodonida. L'ornamentació a la darrera volta consisteix en una desena de cordons molt prominents paral·lels a l'espiral, entre els que se n'intercalen alguns de més fins. A la darrera volta els cordons principals estan dividits per incisions longitudinals, esdevenint nodulosos. Les rampes suturals són amples i anguloses. Durant el creixement es van desenvolupant diversos labials aproximadament cada volta o volta i mitja, notablement robustes, essent la part superior invasiva respecte l'espira anterior. Aquest caràcter fa que l'eix de l'espiral canviï lleugerament al llarg de l'ontogènia. L'obertura és sifonostomada, amb un labre arquejat que presenta una forta variació on destaquen una desena de tubercles. A la vora interna del labre es desenvolupen petits denticles. La vora parietal presenta una callositat on també se n'hi poden distingir. El canal sifonal és llarg i estret.

La mida varia entre els 15 i els 60 mm aproximadament.

Hàbitat. Aigües somes a uns 15 metres de fondària.

Distribució geogràfica i estratigràfica. Actualment és citada a Guinea Bissau,

Angola, Senegal, Costa d'Ivori i Canàries (Ardevini i Cossignani, 2004), a més de São Tomé i Cap Verd (Meco *et al.*, 2002). A l'altra banda de l'Atlàntic és citada a Veneçuela (WoRMS, 2016).

Ha estat documentada amb exemplars fòssils al Pleistocè superior de Santa Pola (Cuerda i Sanjaume, 1978), Cerro Largo (Juárez, 2014), Las Palmas (Meco *et al.*, 2002; 2007), Ponte de Re (Caldara, 1987 *in* De Vitis *et al.*, 2003).

Observacions. Espècie citada per primera vegada molt recentment a Mallorca, amb un fòssil parcial provinent del clàssic jaciment de Cala Pudent (Juárez, 2014), refigurat en aquest treball (Fig. 2, B1-B2). No obstant, durant la realització d'aquest estudi s'han localitzat i examinat més exemplars.

Després d'un examen *de visu* de l'exemplar de Cuerda (1987, pàg. 263, làm. XXII, figs. 7, 8) determinat com *Cymatium (Gutturinum) corrugatum* (Lamarck, 1816) i dipositat a la SHNB, els autors considerem que en realitat es tracta d'un individu molt rodat de *Monoplex trigonus*, corresponent a un exemplar amb l'espiral elevada degut a una anomalia ontogènica. Creiem que aquesta característica atípica, juntament amb l'absència del canal sifonal a causa del rodament, portaren a l'autor a una determinació errònia. La dentició del labre així com la seva morfologia general, juntament amb l'ornamentació i la mida, es corresponen clarament a les de l'espècie tractada. En conseqüència, *Monoplex cor-*

Taula 1. Exemplars de *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791) trobats al Pleistocè superior de Mallorca.

Table 1. *Specimens of Monoplex trigonus (Gmelin, 1791) found in the late Pleistocene of Majorca.*

| Jaciment (unitat) | Edat | Nombre d'exemplars | Col·lecció |
|------------------------------------|---------|--------------------|-------------|
| Es Carnatge (U1) | OISS-5e | 1 | Cuerda-SHNB |
| Cala Pudent (c) | OISS-5e | 1 fragment | Juárez |
| Punta Negra I (a1) | OISS-5e | 1 | Juárez |
| Cala Vella (b) | OISS-5e | 1 fragment | Juárez |
| Torre de s'Estalella (descontext.) | OISS-5e | 1 | Juárez |
| Torrent de son Real (b) | OISS-5e | 1 fragment | Juárez |

rugatus (Lamarck, 1816) [= *Cymatium corrugatum*] queda exclosa de la llista d'espècies citades al Pleistocè de Mallorca, doncs l'exemplar esmentat era l'únic de l'espècie documentat fòssil a l'illa.

Família *CASSIDAE* Latreille, 1825
 Gènere *Semicassis* Mörch, 1852
Semicassis saburon (Bruguère, 1792)
 (Fig. 2, K1-K3)

Descripció. Closca notablement gruixuda, globosa i ovalada, amb una espiral relativament baixa. La sutura és poc marcada i l'ornamentació consisteix en una trentena de fines estries paral·leles a aquesta. A l'etapa adulta desenvolupa una vora columel·lar creuada per nombrosos plec prolongats cap a l'interior, un labre robust amb marcada dentició interna i un replec al canal sifonal, molt característic del gènere.

La mida varia entre els 35 i els 75 mm aproximadament.

Hàbitat. Fons sorrencs i fangosos.

Distribució geogràfica i estratigràfica. Ha estat citat en estat fòssil al Pleistocè de Sebkhah Tah i Sebkhah Tisfourine (Brébion i Ortlieb, 1976) i Agadir (Brébion *et al.*, 1984), al Marroc atlàntic.

Observacions. Tot i que l'espècie ha estat documentada i figurada en el Pliocè de Mallorca (Bauzá, 1964: p. 195, làm. II, fig. 5,6), els autors considerem, després d'examinar l'exemplar (dipositat al MBCN)

que en realitat es tracta de *Semicassis laevigata* DeFrance, 1817, tàxon extingit molt proper morfològicament.

Així doncs, l'únic exemplar trobat en el Quaternari de Mallorca prové del nivell 'c' (OISS-5e) del clàssic jaciment de Cala Pudent. Aquesta espècie es pot confondre fàcilment amb *Semicassis granulata* (Born, 1778), tal com ja indica Vicens (2015, p. 819), que sol ser d'una mida més gran, presentar una morfologia menys globosa i un estriat més marcat, encara que existeixen morfotipus petits i robusts que són especialment semblants a l'espècie tractada. Un exemple d'aquesta versemblança es pot observar a Cuerda (1987, làm. XXI, fig. 8).

Família *CONIDAE* Fleming, 1822
 Gènere *Conus* Linnaeus, 1758
Conus tabidus Reeve, 1844
 (Fig. 1, A-F; Taula 2)

Descripció. Conquilla cònica, amb espiral lleugerament elevada, especialment la protoconquilla, i tendència escalariforme a la darrera volta (que no sempre és present). L'obertura és notablement estreta en tota la seva extensió. Longitudinalment la secció presenta una lleugera constricció a la part inferior de l'espiral, de vegades gairebé imperceptible. Aquesta zona està ornamentada amb cordons poc marcats, essent llisa en la part superior. No obstant, en morfotipus molt ornamentats els cordons

Taula 2. Exemplars de *Conus tabidus* Reeve, 1844 trobats al Pleistocè superior de Mallorca.

Table 2. Specimens of *Conus tabidus* Reeve, 1844 found in the late Pleistocene of Majorca.

| Jaciment (unitat) | Edat | Nombre d'exemplars | Col·lecció |
|--------------------------------|---------|--------------------|-------------|
| Son Mosson I (c) | OISS-5e | 1 | Juárez |
| Punta Negra I (a1) | OISS-5e | 1 | Juárez |
| Torre de s'Estalella (+10,5 m) | OISS-5e | 1 | Juárez |
| Torre de s'Estalella (+4,5 m) | OISS-5e | 1 | Juárez |
| Torre de s'Estalella (+3,0 m) | OISS-5e | 1 | Cuerda-SHNB |
| Torrent de son Real (c) | OISS-5e | 1 | Juárez |

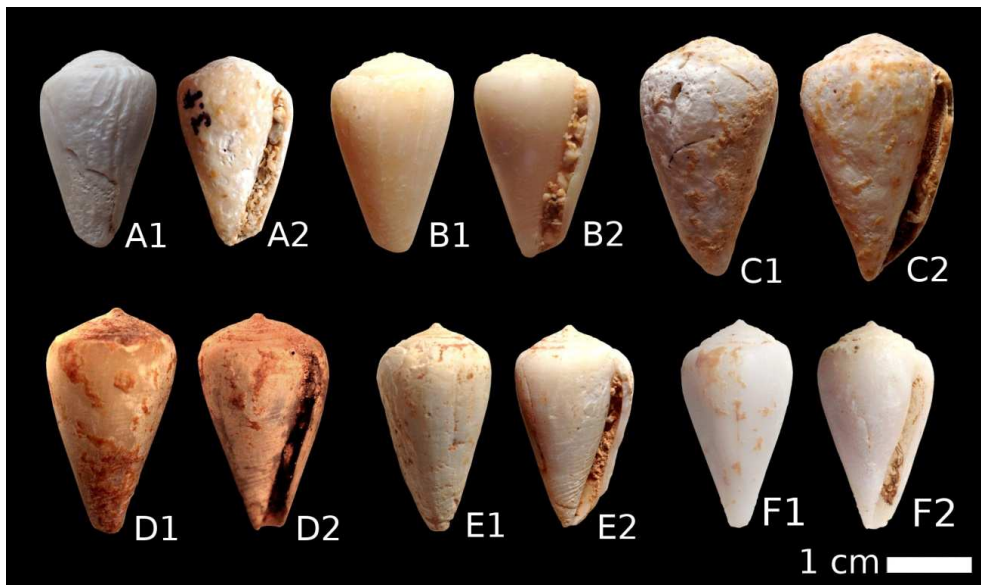


Fig. 1. *Conus tabidus* Reeve, 1844. A1-A2: Son Mosson 1 (c). Col·lecció Juárez; B1-B2: Punta Negra 1 (a1). Col·lecció Juárez; C1-C2: Torrent de son Real (c). Col·lecció Juárez; D1-D2: Torre de s'Estalella (+3 m). Col·lecció Cuerda-SHNB. Exemplar figurat per Cuerda (1987, lùm. 28, fig. 19) com *Conus mediterraneus* var. *vayssierei*; E1-E2: Torre de s'Estalella (+4,5 m). Col·lecció Juárez; F1-F2: Torre de s'Estalella (+10,5 m). Col·lecció Juárez.

Fig. 1. *Conus tabidus* Reeve, 1844. A1-A2: Son Mosson 1 (c). Juárez collection; B1-B2: Punta Negra 1 (a1). Juárez collection; C1-C2: Torrent de Son Real (c). Juárez collection; D1-D2: Torre de s'Estalella (+3,0 m). Cuerda-SHNB collection. Specimen illustrated by Cuerda (1987, pl. 28, fig. 19) as *Conus mediterraneus* var. *vayssierei*; E1-E2: Torre de s'Estalella (+4,5 m). Juárez collection; F1-F2: Torre de s'Estalella (+10,5 m). Juárez collection.

poden comprendre tota la secció.

La mida varia entre els 20 i els 40 mm aproximadament.

Distribució geogràfica i estratigràfica. Actualment es troba a Angola, Cap Verd i Senegal (Ardevini i Cossignani, 2004; Kohn, 2009). No es té constància de cap cita prèvia efectuada sobre fòssils.

Observacions. Tradicionalment sols dos cònids han estat descrits al Pleistocè mediterrani: *Conus ventricosus* Gmelin, 1791 [= *Conus mediterraneus*] i *Conus ermineus* Born, 1778 [= *Conus testudinarius*]. Recentment, Vicens (2015) suma *Conus vayssierei* Pallary, 1906 al registre fòssil de Mallorca, degut a que

s'eleva a rang d'espècie *Conus mediterraneus* var. *vayssierei* (veure WoRMS, 2016). Aquest és documentat a Mallorca amb exemplars que en realitat podrien ser en part simples *Conus ventricosus* juvenils, ja que divergeixen morfològicament de l'holotip de *Conus vayssierei*, que és notablement més globós i amb una obertura més ampla. La gran variació intraespecífica que presenten aquestes espècies, tant en mida com el morfologia, juntament amb el rodament de molts dels exemplars, dificulta notablement les diferenciacions vers altres *Conus* de l'oest africà, on actualment aquest gènere està àmpliament representat. No obstant, els

autors hem pogut reconèixer alguns exemplars de *Conus tabidus* entre el material revisat, el qual es diferencia dels juvenils de *Conus ermineus* (equivalents en mida) per la sutura, la secció de tendència escalariforme i l'obertura més estreta. Es diferencia també de *Conus ventricosus* per l'espiral més elevada, aspecte més globós i obertura més ampla d'aquest darrer. Els exemplars de *Conus tabidus* observats de Mallorca i inclosos dins aquest treball són morfològicament equivalents a l'holotip de l'espècie (Kohn, 2009). Considerem també com a pertanyent a aquesta espècie l'exemplar de Cuerda (1987, lám. XXVIII, fig. 19) determinat com *Conus mediterraneus* var. *vayssierei*, per clares afinitats morfològiques, refigurat en aquest treball (Fig. 1, D1-D2).

Família *APORRHAIIDAE* Gray, 1850

Gènere *Aporrhais* Da Costa, 1778

Aporrhais pespelecani (Linnaeus, 1758)

(Fig. 2, L1-L2)

Descripció. Cloasca amb espiral elongada, escalariforme. Sutura ben definida, lleugerament ondulada. Rampes suturals amples i inclinades que acaben en una fila de nòduls prominents. Per sota d'aquesta apareix una altra fila de nòduls, més discrets. Finalment, a la regió més abapical de la volta apareix un petit cordó més o menys nodulós paral·lel a les files de nòduls, poc marcat. Entre aquests tres cordons principals se'n poden observar d'altres de molt més fins i poc conspicus. Obertura ovalada, sifonostomada, que presenta quatre amples digitacions. La que està dirigida cap a l'àpex es pot sobreposar a les voltes anteriors durant tota la longitud o bé tenir l'extrem distal lliure. Les dues següents digitacions es corresponen a expansions dels dos cordons nodulosos principals, essent la segona digitació

sempre més llarga que la tercera. Per sota de la tercera digitació apareix un lòbul més o menys conspicu corresponent a l'extensió del tercer petit cordó principal. El canal sifonal és curt, ample i corbat ventralment. A la vora parietal hi desenvolupa una callositat.

La mida varia entre els 25 i els 55 mm aproximadament.

Hàbitat. Fons fangosos fins a 80 metres.

Distribució geogràfica i estratigràfica. Actualment viu al nord de l'Atlàntic (Noruega i Islàndia) i al Mediterrani. Fòssil és citat al Miocè superior de Portugal i Itàlia. També al Pliocè mitjà i superior de Gran Bretanya, Polònia, Itàlia i Espanya, i al Pleistocè inferior d'Itàlia (Brunetti i Forli, 2013).

Observacions. L'únic exemplar trobat, majoritàriament complet, es troba dipositat a la col·lecció Fornés-SHNB. Aquest no té cap etiqueta concreta, però es guarda dins d'una caps a on s'indica que el contingut prové de punta Negra. Els exemplars probablement provenen de punta Negra 1 (nivell 'a', de l'OISS-5e), en la terminologia del present treball (veure Consideracions sobre alguns jaciments), però sense més referència optem per afegir prudentment un interrogant a la localitat.

Consideracions sobre alguns jaciments (Fig. 3)

Camp de Mar-Illeta

Aquest jaciment fou documentat per primera vegada a Hermite (1879), essent un dels primers afloraments pleistocens donats a conèixer a la bibliografia mallorquina. Amb posterioritat ha estat estudiat i citat recurrentment (veure Vicens, 2015 per detalls al respecte de la bibliografia, estratigrafia i fauna).

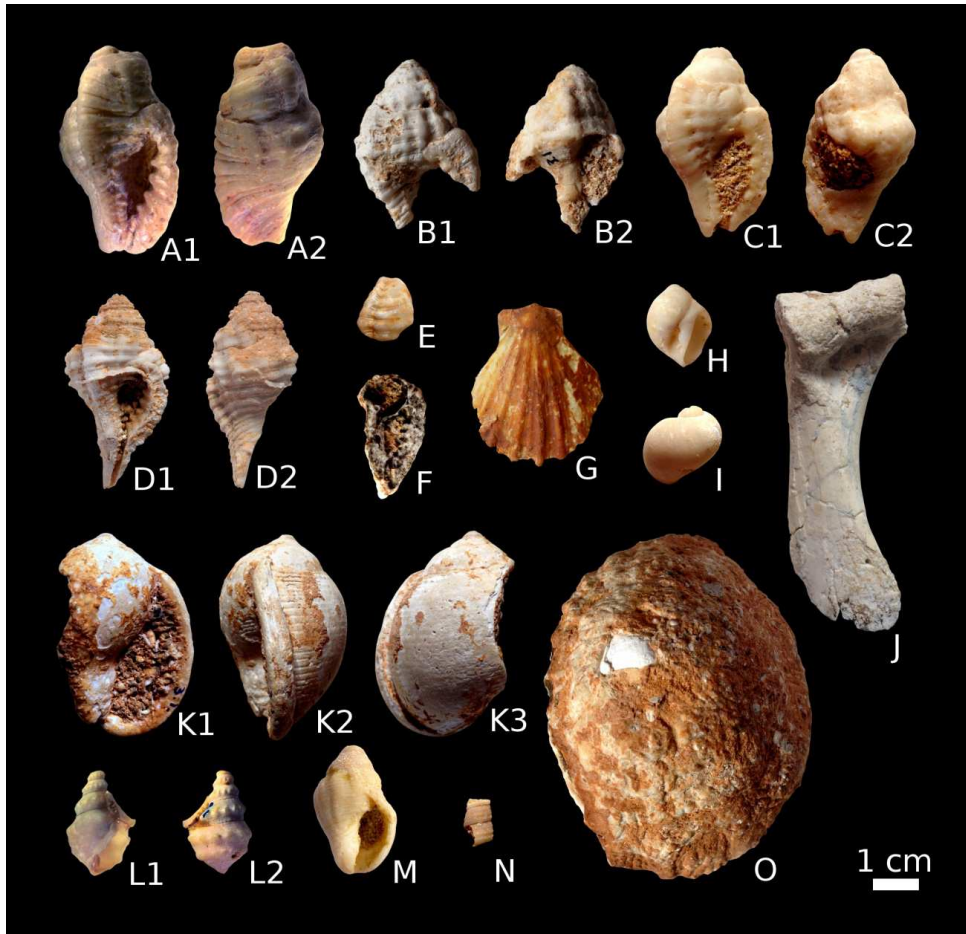


Fig. 2. Noves cites per al Pleistocè superior mallorquí i d'altres tàxons d'especial interès. A1-A2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Es Carnatge-U1. Col·lecció Cuerda-SHNB. Exemplant figurat per Cuerda (1987, làm. XXII, figs. 7 i 8) com *Cymatium (Gutturinum) corrugatum*; B1-B2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Cala Pudent (c). Col·lecció Juárez; C1-C2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Punta Negra 1 (a1). Col·lecció Juárez; D1-D2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Torre de s'Estalella (descontextualitzat a l'Est del jaciment de +4,5 m). Col·lecció Juárez; E: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Cala Vella (b). Col·lecció Juárez; F: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Torrent de Son Real (b). Col·lecció Juárez; G: *Manupecten pesfelis* (Linnaeus, 1758). Cala Morlanda (b?). Col·lecció Matamales; H: *Polinices lacteus* (Guilding, 1834). Punta Negra 1 (a2). Col·lecció Juárez; I: *Natica turtoni* E.A. Smith, 1840. Punta Negra 1 (a2). Col·lecció Juárez; J: Fragment d'húmer (part distal) de *Myotragus balearicus* Bate, 1909. Cala Murada (a). Col·lecció Juárez; K1-K3: *Semicassis saburon* (Bruguère, 1792). Cala Pudent (c). Col·lecció Juárez; L1-L2: *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758). Punta Negra 1 (a)? Col·lecció Fornés-SHNB; M: *Gemophos viverratus* (Kiener, 1834). Cala Murada (a). Col·lecció Matamales; N: *Turritella turbona*

Monterosato, 1877. Cova des Coloms (b). Col·lecció Juárez; O: *Patella ferruginea* Gmelin, 1791. Cala Nau 2. Col·lecció Juárez.

Fig. 2. New recorded species for the late Pleistocene of Majorca and other significant taxa. A1-A2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Es Carnatge-U1. Cuerda-SHNB collection. Specimen featured by Cuerda (1987, pl. XXII, figs. 7 and 8) as *Cymatium* (Gutturinum) *corrugatum*; B1-B2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Cala Pudent (c). Juárez collection; C1-C2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Punta Negra 1 (a1). Juárez collection; D1-D2: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Torre de s'Estalella (decontextualized eastwards from +4,5 m deposit). Juárez collection; E: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Cala Vella (b). Juárez collection; F: *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). Torrent de Son Real (b). Juárez collection; G: *Manupecten pesfelis* (Linnaeus, 1758). Cala Morlanda (b?). Matamales collection; H: *Polinices lacteus* (Guilding, 1834). Punta Negra 1 (a2). Juárez collection; I: *Natica turtoni* E.A. Smith, 1840. Punta Negra 1 (a2). Juárez collection; J: *Humerus* fragment (distal part) of *Myotragus balearicus* Bate, 1909. Cala Murada (a). Juárez collection; K1-K3: *Semicassis saburon* (Bruguière, 1792). Cala Pudent (c). Juárez collection; L1-L2: *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758). Punta Negra ?1 (a)? . Fornés-SHNB collection; M: *Gemphos viverratus* (Kiener, 1834). Cala Murada (a). Matamales collection; N: *Turritella turbona* Monterosato, 1877. Cova des Coloms (b). Juárez collection; O: *Patella ferruginea* Gmelin, 1791. Cala Nau 2. Juárez collection.

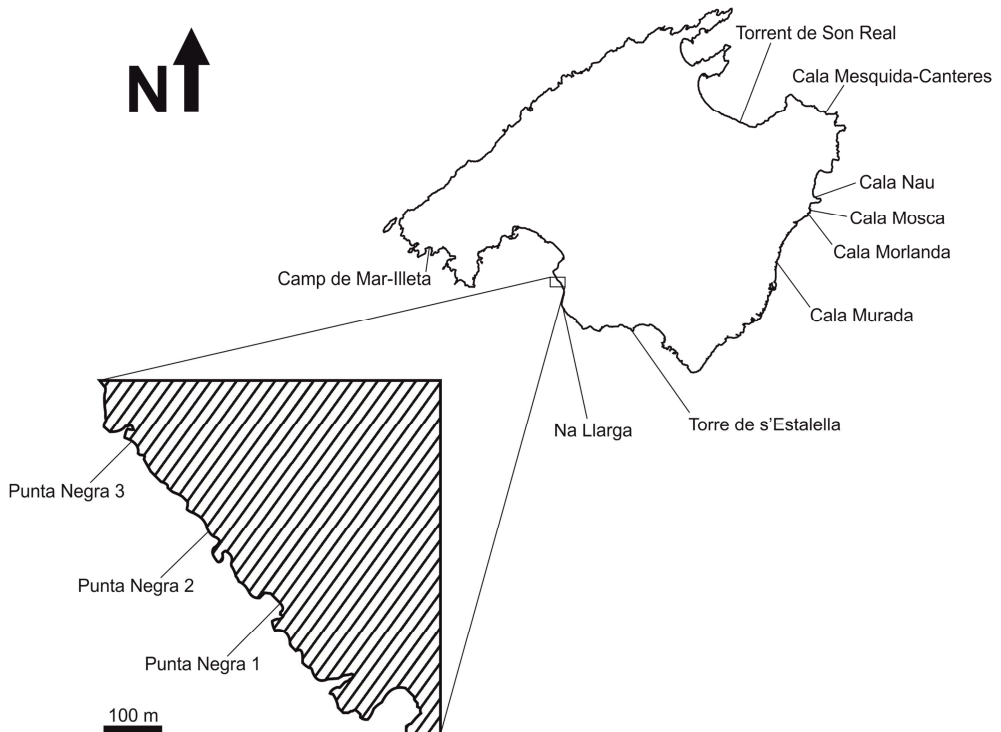


Fig. 3. Mapa de la situació de les localitats considerades en aquest apartat. Veure Vicens (2015) per la situació de la resta de jaciments esmentats en l'Apèndix 1 i en apartats anteriors.

Fig. 3. Map showing the position of the localities considered in this section. For the position of the rest of locations mentioned both in previous paragraphs and in the Appendix 1, see Vicens (2015).

Se situa en un illot davant la platja homònima, essent en realitat part d'un antic dipòsit molt més extens que actualment queda reduït a tres petits afloraments. El més destacable és el revisat en aquest treball.

El jaciment clàssic d'illeta de camp de Mar es troba a l'interior d'una cova situada al marge dret del pont d'accés a l'illot, que es formà a causa de l'erosió per abracció marina al nivell de platja pleistocèn. D'aquesta en prové la major part de la fauna recollida a la zona (A. Muntaner com. pers., 2013) esmenta que degut a les petites dimensions del l'aflorament, la prospecció intensiva l'acabà esgotant. No obstant, els autors del present treball hem localitzat una altra cavitat a la mateixa illa, encara que de difícil accés, un poc més gran que l'anterior. Dins aquesta són presents part de les espècies ja documentades a illeta de camp de Mar, com són: *Acanthocardia tuberculata* (Linnaeus, 1758), *Arca noae* Linnaeus, 1758, *Spondylus gaederopus* Linnaeus, 1758, *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791), *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767), *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758), *Conus ermineus* Born, 1778 i *Semicassis granulata* (Born, 1778). A més, a la cova ja coneguda anteriorment, ha aparegut un fragment de *Pecten jacobus* (Linnaeus, 1758), espècie no citada al jaciment, rellevant per estar molt poc representada als jaciments del Pleistocè mallorquí (Cuerda, 1987). Sols aquesta darrera espècie és incorporada a l'apèndix I per ser l'única realment inèdita de la localitat.

Punta Negra

Documentat per primera vegada per Cuerda i Sacarés (1964) i revisat en Cuerda i Sacarés (1992), és un dels jaciments més representatius del Pleistocè del migjorn de

l'illa. Recentment s'han sintetitzat totes les dades publicades prèviament en referència a la zona (Vicens, 2015). En realitat es tracta de tres localitats relativament properes entre elles, amb un contingut enquadrible amb tota probabilitat dins l'OISS-5e, ja que són correlacionables estratigràficament encara que no s'hi hagi trobat fauna 'senegalesa' a totes (veure Cuerda i Sacarés, 1964; 1992). En una de les localitats, a més, hi ha un petit dipòsit de platja de l'OISS-5a.

Els autors del present treball, encara que subscriuim les interpretacions dels autors previs, considerem necessària la individualització de les tres localitats, ja que la distància entre aquestes és notable (ocupen un franja de gairebé mig quilòmetre i per contra són de mida petita), a més d'un contingut faunístic diferenciat que es deu a que dos dels tres jaciments representen finals de platja (veure explicació a Cuerda i Sacarés, 1964).

Anomenem punta Negra 1 al dipòsit situat més al sud-est, el més gran i representatiu de la zona. D'aquest els autors esmentats remarquen l'abundància de *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791). Els autors del present treball hem observat que a la base del nivell 'a' (corresponent al tall de Cuerda i Sacarés, 1964) existeix una densa lumaquel·la integrada bàsicament per petits gasteròpodes i fragments de conquilles de bivalves que interpretem com un dipòsit de *shoreface* previ a la sedimentació del gruix del nivell referit (Fig. 4, B, a1), el qual sols és visible els dies en que la mar està molt baixa. Al jaciment destaquem com a mol·lusc no documentat prèviament *Natica turtoni* Smith, 1890, espècie 'senegalesa' molt poc trobada als jaciments mallorquins, que sols havia estat citada al proper jaciment de cala Vella (Cuerda i Sacarés, 1992; Vicens,

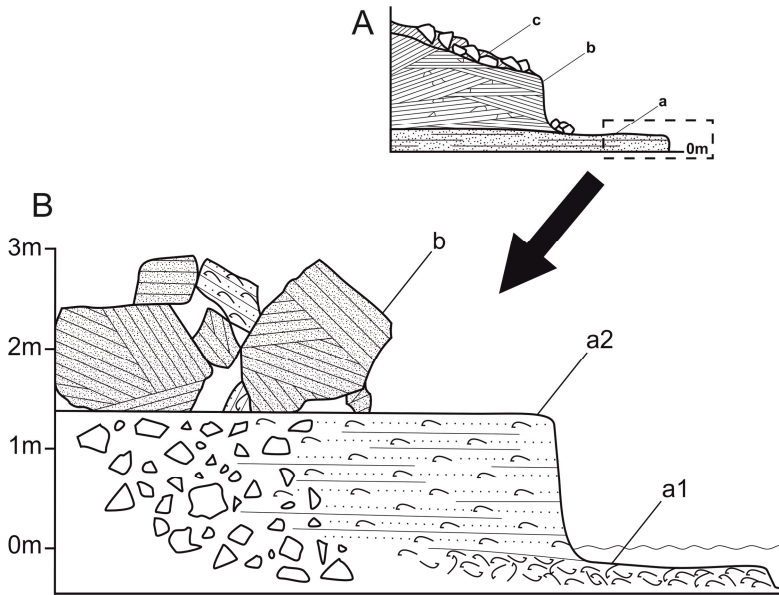


Fig. 4. Punta Negra 1. A: Tall estratigràfic E-W, extret de Cuerda i Sacarés (1964, fig. 3); a: Calcarenites de l'OISS-5e; b: Eolianita; c: Dipòsits de vessant de llims vermel·losos amb còdols angulars. B: Detall de la secció més propera a la costa on es distingeixen dos subnivells de **a**, a1: Lumachel·la composta essencialment de gasteròpodes de petita mida i fragments de conques, amb espècies termòfiles; a2: Dipòsit calcarenític massiu amb fauna dispersa de l'OISS-5e en el que lateralment hi apareixen clastos angulars i gasteròpodes terrestres pulmonats. Els blocs disposats per sobre són de a1, a2 o b.

Fig. 4. Punta Negra 1. A: E-W stratigraphic section, reproduced from Cuerda and Sacarés (1964, fig. 3); a: OISS-5e calcarenites; b: Aeolianite; c: Reddish silty slope deposits with angular cobbles. B: Detail of the section closest to the coastline, where two sublevels of **a** can be set apart; a1: Lumachelle composed essentially by small gastropods and fragments of shells, including thermophilous species; a2: Massive calcarenitic deposit with OISS-5e disperse fauna. It varies laterally, appearing angular cobbles and terrestrial pulmonate gastropods. The boulders scattered above may belong to either a1, a2 or b.

2015) i a es Carnatge (Cuerda, 1987). Els autors n'hem prospectat dos exemplars, encara que a la col·lecció Fornés-SHNB s'hi troba un tercer individu del mateix jaciment (obs. pers.). Altres tàxons 'senegalesos' no citats prèviament al jaciment són *Polinices lacteus* Guilding, 1840 i *Hyotissa mcgintyi* (Harry, 1985), amb un exemplar de cada espècie.

Anomenem punta Negra 2 al dipòsit situat uns 200 metres al nord-est de punta

Negra 1. És aquest jaciment el que té les restes de platja de l'OISS-5a esmentades. Cuerda i Sacarés (1964; 1992) descriuen sols les fàcies de final de platja (*backshore*) d'aquest dipòsit. A més, els autors hem observat, coincidint amb el nivell de la mar actual, unes fàcies correlacionables amb les de la localitat anterior, pertanyents a la mateixa unitat estratigràfica. El mal estat de l'aflorament en aquesta zona, degut a l'intensa abrasió marina, dificulta notable-

ment el seu estudi, encara que s'ha pogut constatar l'abundància de *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791). Acompanyen a aquesta espècie *Glycymeris nummaria* (Linnaeus, 1758) i *Acanthocardia tuberculata* (Linnaeus, 1758).

Anomenem punta Negra 3 al dipòsit situat més al nord-est (uns 100 metres des de l'anterior localitat), adjuntant un tall estratigràfic propi, ja que cap font l'inclou (Fig. 5). Les fàcies són correlacionables amb les de *backshore* de punta Negra 2 (Cuerda i Sacarés, 1964). Destaquem d'aquest aflorament la presència relativament abundant de *Trimusculus mammiliaris* (Linnaeus, 1758) per estar poc citada a l'illa (Cuerda, 1987).

Torre de s'Estalella

Descobert per Butzer i estudiat en Butzer i Cuerda (1960) per primera vegada, aquest jaciment constitueix un dels referents per a l'estudi del Quaternari marí

a Mallorca. A Vicens (2015) es fa una completa síntesi dels estudis referents al jaciment, alguns dels quals són revisats també en aquest treball.

En realitat la torre de s'Estalella és un conjunt de tres afloraments a diferents cotes, +3,0, +4,5 i +10,5 m per sobre el nivell de la mar, situats a prop de la torre de defensa que dóna nom al lloc. Per a l'aflorament de cota +10,5 m existeix una datació de $135 \text{ ka} \pm 10 \text{ ka}$ (Stearns i Thurber, 1965), el que la situa en els inicis de l'OISS-5e, tal com es va suposar des d'un principi. El jaciment de +4,5 m pertany també a l'OISS-5e en base al contingut faunístic marcadament termòfil, i el de +3,0 m ha estat recentment interpretat com una variació lateral de l'anterior, separats per l'erosió (e.g., Vicens, 2015), el que porta a la reinterpretació del conjunt com un dipòsit de tempesta, ja suggerida en Hearty (1987).

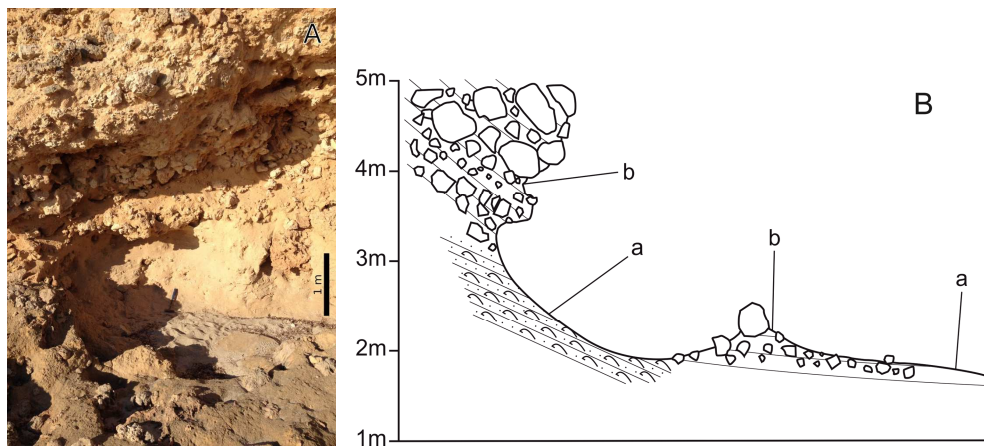


Fig. 5. Punta Negra 3. A: Fotografia del jaciment. B: Tall estratigràfic E-W, a: Dipòsit calcarenític de *backshore* amb fauna marina del Pleistocè superior; b: Dipòsits de vessant de llims vermel·losos amb còdols angulosos.

Fig. 5. Punta Negra 3. A: Picture of the deposit. B: E-W stratigraphic section; a: Backshore calcarenitic deposit with late Pleistocene marine fauna; b: Reddish silty slope deposits with angular cobbles.

En l'aflorament de cota +4,5 m, el millor preservat de tots, Butzer i Cuerda (1962) distingeixen dos nivells, un d'inferior amb llims continentals i un altre de superior amb sorres marines. En realitat, a criteri dels autors del present estudi, es tracta d'un conjunt de diversos nivells irregulars que estan separats per crostes carbonàtiques de gruix mil·limètric, essent el nivell superior de caràcter més calcarenític i amb molts més bioclastos i clastos angulosos de mida centimètrica i de vegades decimètrica. En el gruix de la secció han estat prospectades espècies marines i en molta menor proporció pulmonats terrestres (cap de nou per al jaciment), tot i que abans les primeres només estaven citades en la part superior. La majoria d'exemplars estan fragmentats i sense senyals de rodament perllongat. En conclusió, interpretem la formació del dipòsit com una successió d'episodis puntuals d'alta energia seguits d'interrupcions sedimentàries més o menys continuades en condicions àrides. L'últim episodi, el representat pel nivell superior, clarament fou el més violent de tots.

En prospeccions realitzades durant el present treball s'ha constatat la presència de fragments d'espècies termòfiles, incloent *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791), *Conus ermineus* Born, 1778 i *Gemophos viverratus* (Kiener, 1834), disseminats per una àmplia franja costanera que va des del far de s'Estalella fins passada la torre, barrejats freqüentment amb una variada i abundant fauna marina subactual. A prop dels afloraments coneguts i molt especialment a la zona de la torre, on es troba la cota més alta, abunden els clastos decimètrics de calcarenita fòssilífera. Juntament amb aquests es troben nombrosos blocs imbricats de materials més antics que en ocasions són de grandària

mètrica i que han estat interpretats recentment com un dipòsit de tsunami (Roig-Munar *et al.*, 2014; Roig-Munar, 2016). Tenint en compte totes les dades disponibles els autors creiem que en origen el conjunt era un únic i extens dipòsit que una vegada cimentat va ser desmantellat gairebé íntegrament, probablement pel referit tsunami. En una línia similar es manifesten Ginard *et al.* (2014) quan consideren que l'erosió holocena ha causat la fragmentació del dipòsit original en els jaciments actuals.

Cap a l'Est, a la regió de la cova Foradada, se situa un altre aflorament amb fauna 'senegalesa' a una cota de +9,5 metres (Ginard *et al.*, 2008). Per les seves característiques sedimentàries i faunístiques l'autor suggereix una possible correlació amb els altres afloraments coneguts. De forma similar succeeix amb el veí aflorament de cala en Bassí, encara que en aquest cas és més complicat d'assegurar degut a la falta de dades concloents.

Destaca entre els tàxons no citats prèviament al jaciment la troballa de *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). L'exemplar prové precisament no dels jaciments estudiats a la bibliografia sinó del conjunt de fòssils reelaborats amb sediments i fauna subactuals. A més del context estratigràfic, la lleugera descalcificació de la conquilla i les restes de calcarenites altament cimentades que presenta denoten clarament la reelaboració tant en l'individu esmentat com en les altres espècies trobades.

Butzer i Cuerda (1962) noten l'existència de diferències morfològiques importants entre les *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) de l'aflorament a +4,5 m i els de +10,5 m, implicant, suposadament, la no coetaneïtat d'aquests. Els autors d'aquest treball

opinem ben al contrari: pràcticament tots els exemplars d'aquesta espècie, tant del jaciment a +4,5 m, com del de +10,5 m, com del que està desmantellat al llarg de la línia de costa cap a l'est corresponen a un morfotipus extraordinàriament constant, corresponent al "*Thais haemastoma* var. *laevis* (Monterosato, 1878)" en la nomenclatura dels referits autors. Aquesta aparent poca variabilitat, fet destacable en una espècie extremadament polimorfa com aquesta, serà objecte de futurs estudis.

Na Llarga

Aflorament poc estudiat i de difícil accés des de terra. És documentat per primera vegada per Cuerda i Sacarés (1964), il·lustrant la descripció amb un tall estratigràfic. Cuerda i Sacarés (1992) i Vicens (2015) reproduïxen a *grosso modo* la informació de la referència del descobriment, amb el tall inclòs. El darrer autor, a més, analitza els exemplars de la col·lecció Cuerda-SHNB provinents de l'aflorament, no havent tingut ocasió de revisar *in situ* la zona (Vicens, D., com. pers., 2016).

Segons les fonts citades, a la localitat existeixen dos nivells marins fossilífers, un de l'OISS-5e (nivell 'b' del tall referit) i un de més modern que per la posició estratigràfica correspon a l'OISS-5a (nivell 'g'). En aquest darrer destaca la presència de nombrosos fragments de *Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758), espècie de gran raresa al Pleistocè mallorquí (Cuerda, 1987).

Els autors, després de prospeccions al jaciment i recollida de mostres, discrepem de la interpretació del nivell 'g'. Aquest, segons el nostre criteri, no és correspon amb un dipòsit de l'OISS-5a, ni tan sols al Pleistocè, sinó a les restes d'una deixalleria d'un taller de porpra, probablement fenici o romà. Concorda amb aquesta postura els

següents fets observats: absència de rodament i descalcificació de les conquilles, que per contra conserven el color i la brillantor del seu interior, preservació totalment inusual en els jaciments pleistocens mallorquins; composició faunística conformada gairebé exclusivament per *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758) i *Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758), típiques espècies usades per extreure el pigment porpra, fet que contrasta amb la gran varietat de tàxons pròpia d'altres platges pleistocenes fòssils; i trencament de tots els exemplars seguint un mateix patró peculiar (Fig. 6), igual al del processament d'aquests gastròpodes en els tallers (e.g., Torres, 2004; Strydonck *et al.*, 2012). L'únic tret atípic en aquest tipus d'acumulacions antròpiques és la cimentació, però que pot ser explicada per una diagènesi ràpida tipus *beachrock* (veure Turner, 2005 per a una explicació detallada), existint varis exemples documentats a l'Holocè mediterrani i atlàntic, alguns d'ells amb restes arqueològiques (e.g., Meco, 2008). Per acabar, la presència humana a la zona és fàcilment constatable per les pedreres de marès i les restes ceràmiques disseminades per la costa, encara que desconexem si existeix relació o no amb el dipòsit descrit. En resum, s'exclou part del jaciment de na Llarga com a jaciment paleontològic, encara que possiblement cobri interès en futures investigacions, ja dins el camp de l'arqueologia.

Cala Murada

Aquesta localitat és citada per primera vegada en Butzer i Cuerda (1962), on només és situada en el mapa general de Mallorca, sense més discussió. Pomar i Cuerda (1979) tornen a situar el jaciment en un mapa, encara sense descriure'l específicament. Morey (2008b) el considera

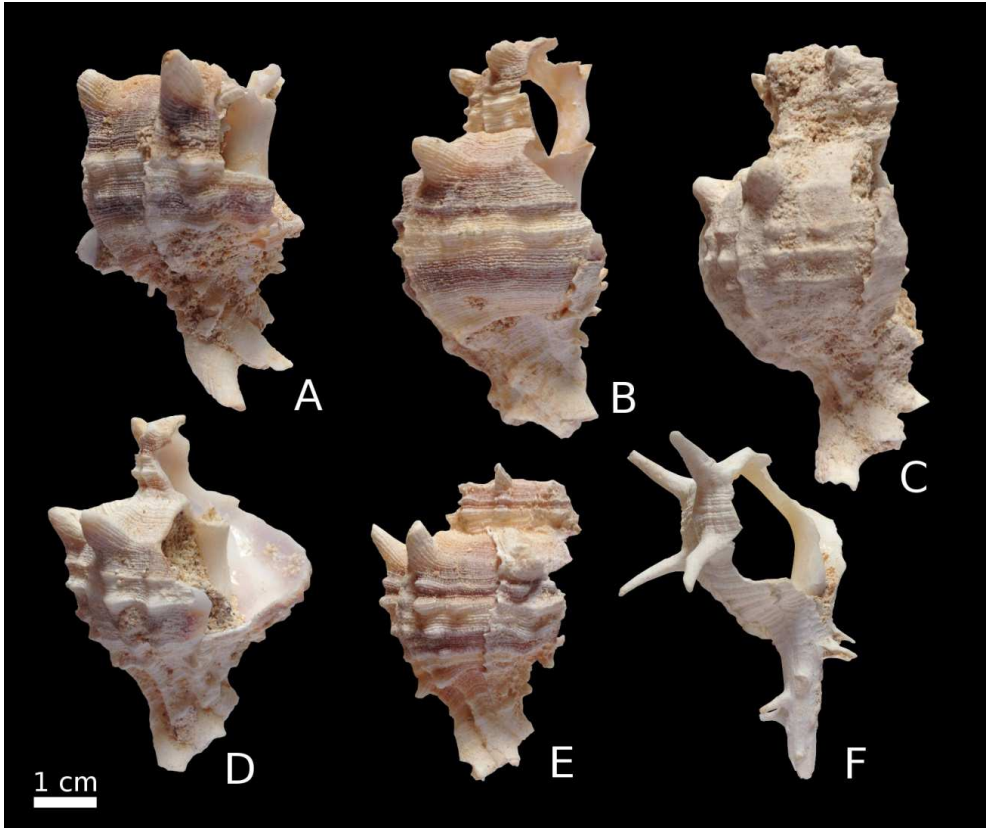


Fig. 6. Mol·luscs subactuals del jaciment de na Llarga (nivell 'g' en el tall de Cuerda i Sacarés, 1964), presentant tots el mateix patró de trencament característic dels tallers de porpra i les closques lluent, amb la coloració preservada. A-E: *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758); F: *Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758).

Fig. 6. Subactual mollusks from Na Llarga deposit (level 'g' in Cuerda and Sacarés, 1964's section), all of them showing the same characteristic fracturing pattern of purple workshops and the lustrous shells, with preserved coloration. A-E: *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758); F: *Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758).

desaparegut, encara que en Morey (2008a) apareix assenyalat en l'indret correcte. El jaciment es redescobreix i es descriu formalment per primera vegada en Vicens *et al.* (2012), si bé de forma superficial. No és fins recentment (Vicens, 2015) en que s'estudia en detall, destacant-se la pobresa faunística de l'aflorament.

De la fauna 'senegalesa' es cita als dos darrers estudis esmentats el característic *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791). Els autors afegim un altra espècie 'senegalesa' a la llista de fauna coneguda: *Gemophos viverratus* (Kiener, 1834). De significació termòfila, encara que actualment present al Mediterrani, també s'ha localitzat *Mono-*

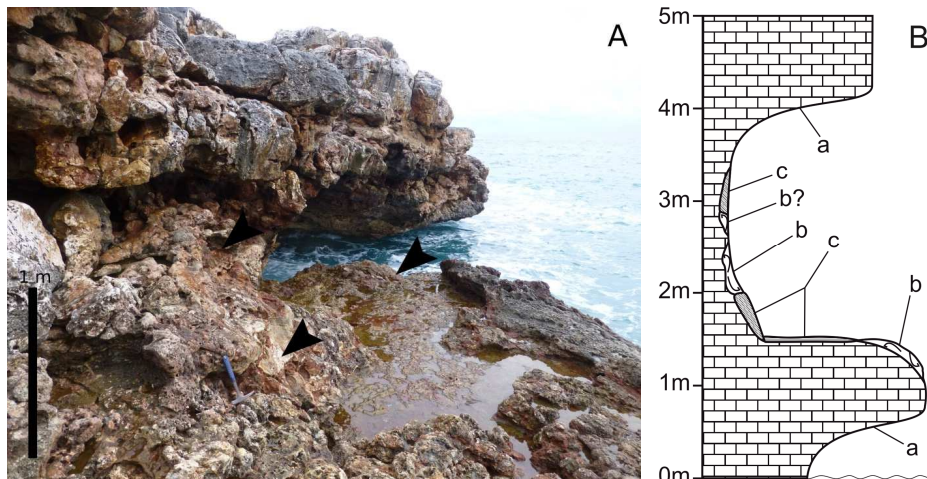


Fig. 7. Cala Morlanda. A: Fotografia del jaciment. Les fletxes negres indiquen els punts amb el nivell fossilífer. B: Tall estratigràfic W-E, a: Calcàries del Tortonian-Messinian; b: Calcarenites del Pleistocè superior amb malacofauna marina; c: Llims vermellosos.

Fig. 7. Cala Morlanda. A: Picture of the deposit. Black arrows indicate the location of the fossiliferous level. B: W-E stratigraphic section; a: Tortonian-Messinian limestones; b: Late Pleistocene calcarenites containing marine malacofauna; c: Reddish silts.

plex parthenopeus (Salis Marschilns, 1793).

Una altra espècie significativa trobada al jaciment és *Myotragus balearicus* Bate, 1909. D'aquest mamífer s'ha prospectat la part distal d'un húmer (Fig. 2, J), provinent també del nivell de l'OISS-5e descrit prèviament i entre els mol·luscs, essent aquesta la tercera resta esquelètica de l'espècie en un dipòsit litoral (veure Vicens, 2011 respecte les altres dues) i el primer en associació amb fauna 'senegalesa'. Del mateix nivell, a la part més allunyada de la costa, ja havien estat observades petjades de *Myotragus* (Vicens *et al.*, 2012).

Cala Morlanda

Durant la realització d'aquest treball s'ha localitzat una petita clapa de Pleistocè superior marí, en una antiga cova enfonsada al sud de Cala Morlanda, entre uns +1,5 m i

+3,0 m d'altura (Fig. 7), molt propera al jaciment de vertebrats descrit a Bover *et al.* (2010). Es tracta de calcarenites ocre, molt cimentades, que rebleixen enclotxes i clots de les roques basals miocenes. En la part superior guanyen en contingut de llims vermells, essent encara més dures i estant parcialment cobertes per espeleotemes. La relació de fauna trobada es pot consultar a l'apèndix 1.

Es pot observar la presència d'una única espècie moderadament termòfila, *Acar clathrata* (Defrance, 1816), el que fa pensar en una possible edat OISS-5e/OISS-5a per al jaciment, però no creiem oportú assegurar-ho a causa de les reduïdes dimensions de l'aflorament. Cal destacar també la troballa de *Manupecten pesfelis* (Linnaeus, 1758) (Fig. 2, G) als llims de la part superior del jaciment, espècie només citada al Pleistocè balear amb un altre únic exemplar del jaciment de can Siriquet



Fig. 8. Cala Mosca. Fotografia del jaciment.
Fig. 8. Cala Mosca. Picture of the deposit.

(Cuerda, 1987).

Cala Mosca

De nou, aquesta localitat fou descoberta i descrita per Butzer i Cuerda (1961) i esmentada en Morey (2008b), encara que Morey (2008a), tot i nomenar-la, la tracta juntament amb cala Morlanda i no situa el vertader jaciment de cala Mosca al mapa. Vicens (2015) tampoc la troba. Aquest seguit de confusions probablement sorgeixen de que, en realitat, el jaciment no es troba a la mateixa cala Mosca, sinó a una cova enfonsada lleugerament al nord, anomenada es Castellot (IDEIB, 2016). No obstant, s'opta per mantenir el topònim original de Cuerda, més estès a la bibliografia. El jaciment que s'ha trobat durant les prospeccions per realitzar aquest treball (Fig. 8) concorda perfectament amb la descripció de Butzer i Cuerda (1961), així com la gran abundància de *Spondylus gaederopus* Linnaeus, 1758 esmentada pels autors, les closques dels quals preserven la coloració rosada intensa original. Aquest fet, juntament amb l'absència total de fauna termòfila (exceptuant la cita dubtosa de *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 a l'article original que Vicens (2015) diu no haver trobat a la col·lecció Cuerda-SHNB), fa que

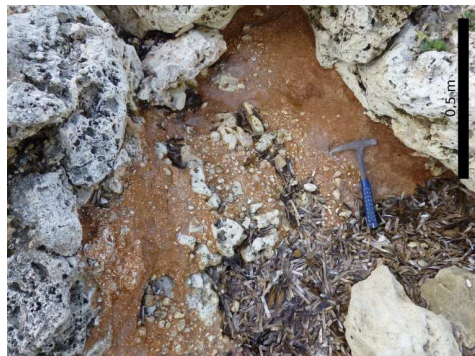


Fig. 9. Cala Nau 2. Fotografia del jaciment.
Fig. 9. Cala Nau 2. Picture of the deposit.

s'aventuri una possible edat OISS-5a per al jaciment.

Cala Nau

La localitat de cala Nau fou també descrita per Butzer i Cuerda (1961), descrivint-ne la successió, i revisada recentment per Vicens (2015). Es proposa un canvi al nom del jaciment, passant-se a anomenar cala Nau 1, per tal de diferenciar-lo dels dos següents descrits per primera vegada en aquest estudi.

Cala Nau 2 se situa uns metres a l'oest de l'anterior i correspon a una sèrie de petites clapes de llims vermells notablement cimentats i més o menys arenosos a uns +0,5 m que rebleixen cavitats dins les calcàries miocenes (Fig. 9). Aquests contenen escassa fauna (apèndix 1), generalment de mides petites, però amb un tàxon paleoclimàticament significatiu: *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Fig. 2, O). Aquest petit aflorament es podria correspondre amb una continuació lateral del nivell 'c' de l'altre jaciment esmentat a Butzer i Cuerda (1961) que es trobava "més a l'interior", a +6,5 m. Per l'escassa fauna trobada l'atribuïm temptativament a l'OISS-5e.

Cala Nau 3 fou descobert per Morey, B. (com. pers., 2014), encara que és descrit per

primera vegada en el present estudi. Sembla una continuació lateral del jaciment de l'arenal de son Servera (Vicens, 2015), doncs tant la seva alçada per sobre el nivell de la mar com la successió estratigràfica són gairebé idèntiques, encara que, al estar majoritàriament tapada, ignorem si existeix continuïtat entre els dos. La localitat tractada es troba a l'inici de la platja a l'oest de cala Nau 2, i està parcialment coberta pel passeig marítim; tan sols es pot observar després de fortes pluges que provoquin que una canonada de desaigüe enretiri la sorra que sol cobrir el jaciment. La troballa de *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791) fa que s'atribueixi el nivell fossilífer a l'OISS-5e.

Cala Mesquida-Canteres

Aflorament extens però amb escàs contingut faunístic, documentat per primera vegada en el present treball. Tot i que es troba molt a prop (més cap a l'Oest) del descrit a Vicens (2014) sota el nom de cala Mesquida, la successió estratigràfica és no-

tablement diferent (Fig. 10, B), pel que s'ha optat a tractar-lo per separat. L'aflorament (Fig. 10, A) consisteix en un extens dipòsit de *foreshore*, format per calcarenites grogues, en el que de tant en tant s'hi van intercalant nivells amb clastos angulosos, de mida centimètrica a decimètrica, provinents del vessant, on hi ha una important formació del Valanginià superior (Cretaci Inferior). Està limitat per la seva part superior amb una crosta carbonatada de color rosat, per sobre la qual es disposa un altre nivell de *foreshore* que passa insensiblement a eolianites de *backshore* amb traces fòssils de vegetals encara arrelats i moguts pel vent. El nivell fossilífer marí és poc potent i es troba a uns 30 cm per sota de la crosta esmentada. Cal d'estacar la relativa abundància (tres valves completes) de pectínids de l'espècie *Talochlamys multistriata* (Poli, 1795), poc habituals en la resta de jaciments del quaternari mallorquí.

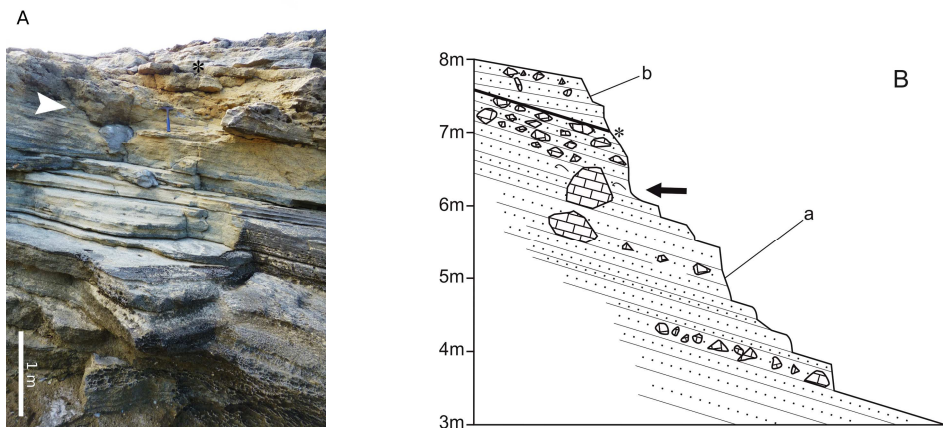


Fig. 10. Cala Mesquida-Canteres. A: Fotografia del jaciment. B: Tall estratigràfic W-E; a: Dipòsit de *foreshore* del Pleistocè superior amb intercalacions de bretxes (el nivell fossilífer està assenyalat amb una fletxa); b: Dipòsit de *foreshore* del Pleistocè superior per sobre una discontinuïtat (*).

Fig. 10. Cala Mesquida-Canteres. A: Picture of the deposit. B: W-E stratigraphic section; a: Late Pleistocene *foreshore* deposit with interspersing breccia (the fossiliferous level is marked with an arrow); b: Late Pleistocene *foreshore* deposit above an unconformity (*).

Torrent de son Real

Aquest jaciment, localitzat en les proximitats de son serra de Marina, és un dels més representatius de l'illa i probablement el més important de la badia d'Alcúdia, tant en contingut paleontològic com en extensió.

Documentat per primera vegada en Cuerda *et al.* (1991) i posteriorment en Vicens i Gracia (1999), és revisat recentment per Vicens (2010; 2011; 2015) i Vicens *et al.* (2012) i documentat sota dos topònims: torrent de son Real i ses Escorxes (zona més propera a son serra de Marina), degut a la seva gran superfície. L'aflorament conté sediments litorals tant de l'OISS-5e com de l'OISS-5a.

Segons aquests últims estudis hi ha dos nivells assignables a l'OISS-5e, essent el primer una sorres de platja blanquinoses recristal·litzades i molt cimentades, sobre les quals es disposa el segon nivell, constituït per sorres i llims vermellosos que rebleixen les concavitats del primer. Entre la deposició dels dos nivells hauria tingut lloc un clar procés d'erosió denotat pel contacte irregular entre ells, ja que presenten morfologies exocàrstiques. Les perforacions de litòfags en el primer nivell, a més, evidenciarien que durant la sedimentació del segon aquest ja estava cimentat.

Els autors del present treball, després de prospeccions en l'aflorament i examinar-ne un seguit de mostres, discrepen àmpliament de la interpretació exposada (Fig. 11, B). En realitat, el suposat nivell altament cimentat i irregular (nivell 'b', dels talls de Vicens, 2010, 2011, 2015) sembla ser un fons infralitoral desenvolupat per sobre d'una eolianita (nivell 'a') i format predominantment per bioconstruccions de rodòfits coral·linals incrustants i esquelets d'organismes

tubícoles calcificants (Fig. 11, A1-A3). Sobre aquests s'hi hauria assentat una comunitat de mol·luscs entre els quals destaquen *Gemophos viverratus* (Kiener, 1834), *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) i *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758). Sembla que alguns dels exemplars foren fagocitats, total o parcialment, pel propi tapís algal, mentre que d'altres romangueren en superfície. Gran part dels individus recollits pertanyents a les espècies de gasteròpodes ja citades han aparegut intactes (amb protoconquilla i dentició del labre), la qual cosa denota un escàs transport impropri dels sediments de platja que, per contra, dóna suport a la hipòtesi d'una comunitat local. Per sobre els doms algal i entre els forats d'aquests s'hi aprecia el nivell de sorres (nivell 'c', Fig. 11, A3) que gradualment passen a llims vermellosos. Dins aquests no són rars els exemplars de bivalves típics de fons fangosos, com *Gastrana fragilis* Linnaeus, 1758, amb les dues valves tancades i en posició de vida, barrejats amb els altres tàxons esmentats, típics de fons rocosos. *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791), amb una ecologia similar a l'esmentat bivalve, apareix també, encara que de forma molt residual. Terra endins els llims arriben a reblir tot el nivell 'b', formant el paleosòl (nivell 'e'), el qual apareix en talls previs dibuixat separatament del nivell 'c' per un dipòsit de l'OISS-5a (nivell 'd'). Els autors d'aquest estudi creiem que el nivell 'd' no està intercalat entre les dues unitats de llims, sinó que s'hi adossa lateralment, motiu per el qual 'c' i 'e' són representades juntes al tall d'aquest treball (Fig. 11, B). La darrera unitat a la seqüència descrita és una eolianita (nivell 'f').

La disposició i contingut paleontològic per sobre del nivell 'b' denota segons el parer dels autors del present estudi una eta-



Fig. 11. Torrent de son Real. A: Detalls dels tapissos algal, A1: Tapís algal perforat per litòfags; A2: Detall del tapís menys erosionat, on s'observen les morfologies globoses de les algues incrustants; A3: Rebliment dels espais entre els doms algal amb sorres i llims vermellosos, i espècies termòfiles com *Gemophos viverratus* (Kiener, 1834). B: Tall estratigràfic S-N, modificat de Vicens (2015), a: Eolianita del Riss; b: Bioconstruccions domals d'algues coral·linals incrustants amb fauna marina de l'OISS-5e; c: Llims vermellosos (més arenosos com més a prop de la costa) amb fauna marina de l'OISS-5e; e: Llims vermellosos; f: Eolianita. *Nota:* Aquest tall no inclou la platja de l'OISS-5a que figura Vicens (2015) amb la unitat 'd' a causa de que en la secció aquí referenciada (a uns 150 m al NE de la desembocadura del torrent) aquesta és absent.

Fig. 11. *Torrent de son Real. A: Detail of the algal mats, A1: Algal mat bored by lithophages bivalves; A2: Detail of an uneroded mat where globose morphologies of the algae can be recognised; A3: Clogging of the spaces between algal domes with reddish silts and sands, and thermophilous species such as Gemophos viverratus (Kiener, 1834). B: S-N stratigraphic section, modified from Vicens (2015); a: Riss aeolianite; b: Dome-like bioconstructions by encrusting coralline algae with OISS-5e marine fauna; c: Reddish silts (sandier when closer to the coastline) with OISS-5e marine fauna; e: Reddish silts; f: Aeolianite. Note: This section does not include the OISS-5a beach illustrated by Vicens (2015) as unit 'd', since it is missing in the the succession represented herein, at about 150 m NE from the stream mouth.*

pa de sedimentació que va cobrir a *posteriori* el tapís algal durant cert temps (el suficient per al creixement de la comunitat de fons fangós esmentada). A aquesta la va seguir una regressió que va permetre la formació d'un paleosòl que va reblir el nivells infrajaccents, donant l'aparença equívoca de tenir dues unitats ('b' i 'c') separades per una fase erosiva. Segurament la dinàmica del cabal del torrent de son Real i la seva aportació sedimentària estigué directament relacionada amb l'evolució paleoecològica de la localitat.

En base a la interpretació exposada, el jaciment del torrent de son Real és proposat en aquest treball com un nou i únic tipus d'aflorament per al registre del Pleistocè balear: el fons infralitoral. Aquest se suma als ja coneguts dipòsits de platja, d'albufera i de tempesta descrits àmpliament en la bibliografia (veure al respecte Vicens, 2011; 2015). En altres jaciments mediterranis els fons infralitorals de l'OISS-5e són ja coneguts, com per exemple a el Pinet, a Alacant (Goy *et al.*, 2006) o algunes localitats als afores de la ciutat italiana de Taranto (De Vitis *et al.*, 2003).

Resultats i conclusions

Es citen per primera vegada al Pleistocè superior de Mallorca les següents espècies: *Turritella turbona* Monterosato, 1877, *Semicassis saburon* (Bruguière, 1792), *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758) i *Conus tabidus* Reeve, 1844. A més, s'amplien les escasses dades publicades sobre *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791). La cita de *Conus tabidus*, la primera per al registre fòssil d'aquesta espècie, se suma a la llista de tàxons 'senegalesos' del

Quaternari mediterrani. Aquesta és de caràcter marcadament termòfil, ja que en l'actualitat no es troba a les Canàries, a diferència de tàxons senegalesos com *Monoplex trigonus* (Gmelin, 1791), entre d'altres. La proximitat morfològica entre les espècies de *Conus* i la seva consegüent difícil determinació en exemplars fòssils aventura la possibilitat de futures troballes de més exemplars de *Conus tabidus* o altres cònids nous per al registre fòssil del Mediterrani. Apunta cap a aquesta possibilitat el contrast entre l'aparent poca representació del gènere al Pleistocè mediterrani i la gran varietat actualment present a l'oest africà.

S'aporten noves dades sobre els ja coneguts jaciments d'illeta de camp de Mar, documentant una nova cavitat amb sediments pleistocens; punta Negra, revisant l'estratigrafia de les localitats ja descrites; torre de s'Estalella, interpretant el dipòsit i la seva distribució actual; na Llarga, documentant-lo parcialment com a jaciment arqueològic; cala Morlanda, situant-lo i presentant un tall; cala Mosca, situant-lo específicament i torrent de son Real, reinterpretant el dipòsit com un fons infralitoral. A més, es descriuen tres nous jaciments, dos a cala Nau (cala Nau 2 i cala Nau 3) i un a cala Mesquida (cala Mesquida-Canteres).

Finalment, s'afegeixen 198 cites d'espècies a jaciments concrets, ja citades anteriorment en altres localitats del Pleistocè mallorquí.

Agraïments

Els autors del present treball volem agrair al doctor Damià Vicens (Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears) per la

predisposició davant les consultes fetes, a Andreu Muntaner i Bernat Morey per compartir valuoses observacions personals sobre alguns jaciments. També al doctor Jordi Martinell (Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) per l'ajuda en la identificació de les traces fòssils de vegetals del jaciment de cala Mesquida-Canteres. Finalment, agraïm també a Sebastià Matamalas en l'ajuda a les prospeccions i el treball de camp.

Referències citades

- Ardovini, R. i Cossignani, T. 2004. *West african seashells*. L'informatore piceno, Italy. 316 pp.
- Bardají, T., Goy, J.L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, C., Dabrio, C.J., Cabero, A., Ghaleg, B., Silva, P.G. i
- Lario, J. 2009. Sea level and climate changes during OIS 5e in the Western Mediterranean. *Geomorphology*, 104: 22-37.
- Bauzá, J. 1964. Fauna de las formaciones del Terciario superior de La Puebla (Mallorca). *Estudios Geológicos*, XX: 187-220.
- Bover, P., Quintana, J. i Alcover, J.A. 2010. A new species of *Myotragus* Bate, 1909 (Artiodactyla, Caprinae) from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Geological Magazine*, 147: 871-885.
- Brébion, P. i Ortlieb, L. 1976. Nouvelles recherches géologiques et malacologiques sur le Quaternaire de la province de Tarfaya (Maroc méridional). *Geobios*, 9(5): 529-550.
- Brébion, P., Hoang, C.T. i Weisrock, A. 1984. Intérêt des coupes d'Agadir-Port pour l'étude du Pleistocène supérieur marin du Maroc. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, sér. 4, t. 6, vol. 2: 129-151.
- Brunetti, M.M. i Forli, M. 2013. The genus *Aporrhais* De Costa, 1778 (Gastropoda, Aporrhaidae) in the Italian Plio-Pleistocene. *Biodiversity Journal*, 4(1): 183-208.
- Butzer, K.W. i Cuerda, J. 1960. Nota preliminar sobre la estratigrafía y la paleontología del Cuaternario marino del Sur y S.E. de la isla de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 6: 9-29.
- 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.
- Butzer, K.W. i Cuerda, J. 1962. Nuevos yacimientos marinos cuaternarios de las Baleares. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero*, 67: 25-70.
- Ciampalini, A., Forli, M., Guerrini, A. i Sanmartino, F. 2014. Una malacofauna tirreniana dal sottosuolo di Livorno. *Boll. Mal.*, 50: 142-149.
- Cuerda, J. 1957. Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 3-76.
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Instituto de estudios Baleáricos. Palma de Mallorca. 304 pp., 20 lám.
- Cuerda, J. 1976. Nota preliminar sobre el Cuaternario de Cabrera (Balears). *But. Inst. Cat. Hist. Nat.* 40 (Sec. Geol., 1): 45-58.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". Palma de Mallorca. 421 pp.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1952. Nota sobre las playas con *Strombus* del Levante de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*. 1 (1): 1-8.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1964. Nuevos yacimientos cuaternarios en la costa de Lluchmayor (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 10: 89-132.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1966. Nueva contribución al estudio del Pleistoceno marino del término de Lluchmayor (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 12: 63-99.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1970. Formaciones marinas correspondientes al límite pliocuaternario y al Pleistoceno inferior de la costa de Lluchmayor (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 16:105-134.

- Cuerda, J. i Sanjaume, E. 1978. Datos paleontológicos y sedimentológicos del litoral Pleistoceno de Santa Pola. *Cuadernos de Geografía*, 23: 19-62.
- Cuerda, J., Vicens, D. i Gracia, F. 1991. Malacofauna y estratigrafía del Pleistoceno superior marino de Son Real (Santa Margalida, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 34: 98-108.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1992. *El Quaternari al Migjorn de Mallorca*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports del Govern Balear. Palma. 130 pp.
- D'Angelo, G. i Cargiullo, S. 1991. *Guida alle conchiglie mediterranee*. Fabri Editori, Milano. 224 pp.
- De Vitis, S., Mastronuzzi, G., Mauz, B., Sansó, P., Tuccimei, P. i Vesica, P. 2003. The historical Taranto tyrrhenian deposits (Last interglacial Period, OIS 5). *GIS, Coast Research publication*, 5: 69-100.
- Fallot, P. 1922. *Étude géologique de la Sierra de Majorque*. Tesi doctoral. Libr. Polytechnique Ch. Béranger, Paris i Liège, 480 pp.
- Gignoux, M. 1913. *Les formations marines Pliocenes et Quaternaries de l'Italie du Sud et de la Sicilie*. Ann. Universitat de Lyon. vol. 36: 693 pp., 42 figs, 4 pl. i 21 láms.
- Ginard, A., Vicens, D., Crespi, D., Vadell, M., Bover, P., Balaguer, P., i Gràcia, F. 2008. Coves litorals, geomorfologia i jaciments del Quaternari de la Marina de Lluçmajor. Zona 1: la franja costanera entre es Racó des Llobets i cala Esglesieta (1a part). Lluçmajor, Illa de Mallorca. *Endins*, 32: 81-104.
- Ginard, A., Vicens, D., Bover, P., Crespi, D., Gràcia, F., Gual, M.A., i Balaguer, P. 2014. Coves litorals, geomorfologia i jaciments del Quaternari de la Marina de Lluçmajor. Zona 1: la franja costanera entre es Racó des Llobets i cala Esglesieta (2a part). Lluçmajor, Illa de Mallorca. *Endins*, 36: 131-150.
- Goy, J.L., Hillaire-Marcel, C., Zazo, C., Ghaleb, B., Dabrio, C., González, A., Bardají, T., Civis, J., Preda, M., Yébenes i Forte, A.M. 2006. Further evidence for a relatively high sea level during the penultimate interglacial: open-system U-series ages from La Marina (Alicante, East Spain). *Geodinamica acta*, 19 (6): 409-426.
- Haime, J. 1855. Notice sur la geologie de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Geol. de France*, 12: 734-752.
- Hearty, P. 1987. New Data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Sciences Reviews*, 6: 245-257.
- Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les Îles Baleares. Première partie; Majorque et Minorque*. Paris. 362pp.
- Hillaire-Marcel, Cl., Garipey, C., Ghaleb, B., Goy, J.L., Zazo, C. i Cuerda, J. 1996. U-Series measurements in tyrrhenian deposits from Mallorca further evidence for two last-Interglacial high sea levels in the Balearic Islands. *Quaternary Sc. Reviews*, 15: 53-62.
- IDEIB 2016. *Infraestructura de dades espacials de les Illes Balears*. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Govern de les Illes Balears. <http://www.ideib.cat> (consultat el 28/01/2016).
- Juárez, J. 2014. *Cymatium (Monoplex) trigonum* (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, nuevo registro de fauna 'senegalesa' en el OIS 5e de la isla de Mallorca (Balears, España). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 129-136.
- Kohn, A.J. 2009. Type specimens of *Conus* (Mollusca: Gastropoda) in the Zoological Museum of the University of Copenhagen: A historical Account. *Steenstrupia*, 30 (2): 97-113.
- La Marmora, D.A. 1834. Observations géologiques sur les deux Iles Baleares (Majorque et Minorque). *Mem. Real Acad. Science Torino*, 38: 51 pp.
- Meco, J. (Ed.) 2008. *Historia geológica del clima en Canarias*. Las Palmas. 296 pp.
- Meco, J., Guillou, H., Carracedo, J.-C., Lomoschitz, A., Ramos, A.-J.G. i Rodríguez-Yáñez, J.J. 2002. The maximum warmings of the Pleistocene world climate recorded in the Canary Islands. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 185, 197-210.
- Meco, J., Ballester, J., Soler, E. i Betancort, J.F. 2007. Los fósiles del Pleistoceno marino de

- Las Palmas (Gran Canaria) y de La Guirra (Fuerteventura). In: Pons, G.X. i Vicens, D. (Eds.) *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Monografies Societat d'Història Natural de les Balears 14, 37-48. Palma de Mallorca.
- 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. Dep. 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: 229-260.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 77-126.
- NMR 2016. Natural History Museum Rotterdam. Disponible a: <http://www.nmr-pics.nl> (consultat el 14/02/2016).
- Pomar, L. i Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geol. Hisp.*, 14: 505-514.
- Roig-Munar, F.X. 2016. *Blocs de tempesta i tsunami a les costes rocoses de les Illes Balears. Anàlisi geomorfològica i morfomètrica*. Tesi doctoral. Programa de Doctorat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. Inèdit. 232 pp.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B., Vilaplana, J.M., Mir-Gual, M. i Pons, G.X. 2014. Morfometría de bloques de tsunami en las costas rocosas del Sur de Mallorca (Islas Baleares). *Resúmenes de la 2ª Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, Lorca, España*: 109-112.
- Rosso, A., Sanfilippo, R., Di Geronimo, I. i Bonfiglio, L. 2012. Libro guida all'escursione Aquedolci e Capo Milazzo (Messina). *Giornate di Paleontologia, XII edizione*. 84 pp.
- 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.
- Strydonck, M.V., Boudin, M. i Ramis, D. 2012. Direct 14C-dating of Roman and late antique purple dye sites by murex shells. *Archaeosciences*, 36: 15-23.
- Torres, J.R. 2004. Evidències d'elaboració de porpra i fabricació de teixits a Sa Caleta (Eivissa). In: Alfaro, C., Wild, J.P. i Costa, B. (Eds.): *Purpureae Vestes*, I: 165-174.
- Turner, R.J. 2005. Beachrock. In: Schwartz, M.L. (Ed). *Encyclopedia of Coastal Science*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands: 183-186.
- 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. Universitat de les Illes Balears. Dep. Ciències de la Terra. Inèdit. 337 pp.
- Vicens, D. 2011. Els jaciments del Pleistocè superior amb macrofauna marina situats al litoral entre Cap Pinar i el Torrent de na Borges (badia d'Alcúdia, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 47-66.
- Vicens, D. 2014. Els Jaciments de platja pleistocens entre cala Mesquida i cala Roja (Capdepera, Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 141-159.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, mediterrània occidental)*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. Inèdit. 986 pp.
- Vicens, D. i Gracia, F. 1999. *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758) en el Plistocè superior de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 167-170.
- Vicens, D., Gracia, 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. (Eds). Mallorca, a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies. *Mon. Soc. Hist. Nat. de les Balears*, 18: 55-84.
- WoRMS Editorial Board (2016). *World Register of Marine Species*. Disponible a <http://www.marinespecies.org> (consultat el 29/03/2016).

Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., González-Delgado, J.A. i Soler, V. 2003. Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. *Marine Geology*, 194: 103-133.

Apèndix

Apèndix 1. Noves cites per a jaciments concrets d'espècies ja documentades com a fòssils al Pleistocè superior de Mallorca. Entre claudàtors apareix el nom emprat per Cuerda (1987). Per als jaciments no tractats en aquest treball es recomana la consulta de Vicens (2015).

Appendix 1. *New species for specific deposits already reported from other locations from the late Pleistocene of Majorca. Between square brackets appears the name used by Cuerda (1987). For the locations that have not been specifically addressed in this study, we refer to Vicens (2015) thesis.*

| Espècie [Sinònim Cuerda (1975, 1987)] | Jaciment (Unitat) |
|---|-------------------------------------|
| <i>Pecten jacobaeus</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Camp de Mar-Illeta (2) |
| <i>Euthria cornea</i> (Linnaeus, 1758) [=Buccinulum corneum] | Ses Roques (b) |
| <i>Phorcus mutabilis</i> (Philippi, 1846) [=Monodonta mutabilis] | Cala Pudent (c) |
| <i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775) (frag. de quelípede) | Es Carnatge (U3) |
| <i>Ocenebra erinaceus</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Son Mosson 2 (U2) |
| <i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758) | Es Serralt |
| <i>Ensis</i> sp. (frag.) | Es Serralt |
| <i>Venus verucosa</i> (Linnaeus, 1758) | Es Serralt |
| <i>Patella caerulea</i> (Linnaeus, 1758) | Es Serralt |
| <i>Monophorus perversus</i> (Linnaeus, 1758) [=Triphora perversa] | Es Serralt |
| <i>Nassarius gibbosulus</i> (Linnaeus, 1758) | Es Serralt |
| <i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767) [=Thais haemastoma] | Es Serralt |
| <i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758) [=Trunculariopsis trunculus] | Es Serralt |
| <i>Pecten jacobaeus</i> Linnaeus, 1758 | Son Grauet (g) |
| <i>Ostrea stentina</i> Payraudeau, 1826 | Son Grauet (g) |
| <i>Patella ferruginea</i> Gmelin, 1791 [=Patella (Scutellastra) ferruginea] | Son Grauet (g) |
| <i>Phorcus mutabilis</i> (Philippi, 1846) [=Monodonta mutabilis] | Son Grauet (g) |
| <i>Bolma rugosa</i> (Linnaeus, 1767) [=Astraea rugosa] | Son Grauet (g) |
| <i>Cerithium proctatum</i> (Bivona, 1838) | Son Grauet (g) |
| <i>Cabestana cutacea</i> (Linnaeus, 1767) [=Cymatium (Cabestana) cutaceum] | Son Grauet (g) |
| <i>Bursa scrobilator</i> (Linnaeus, 1758) | Son Grauet (g) |
| <i>Muricopsis cristata</i> (Brocchi, 1814) [=Muricopsis cristatus] | Son Grauet (g) |
| <i>Euthria cornea</i> (Linnaeus, 1758) [=Buccinulum corneum] | Son Grauet (g) |
| <i>Haliotis tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Tinent-Caló de Tramuntana (5) |
| <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816) (plaques) | Punta Negra 3 (a) |
| <i>Rissoa ventricosa</i> Desmarest, 1814 | Punta Negra 3 (a) |
| <i>Trivia monacha</i> (da Costa, 1778) [=Trivia europaea] | Punta Negra 3 (a) |
| <i>Trimusculus mammillaris</i> (Linnaeus, 1758) [=Gadinia garnoti] | Punta Negra 3 (a) |
| <i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758) [=Glycymeris violascens] | Punta Negra 2 (a) |
| <i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Negra 2 (a) |
| <i>Persististrombus latus</i> (Gmelin, 1791) [=Strombus bubonius] | Punta Negra 2 (a) |
| <i>Acar clathrata</i> (DeFrance, 1816) [=Acar plicata] | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Hyotissa mcgintyi</i> (Harry, 1985) [=Hyotissa hyotis] | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Callista chione</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Patella rustica</i> (Linnaeus, 1758) [=Patella lusitanica] | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Phorcus turbinatus</i> (Born, 1778) [=Monodonta turbinata] | Punta Negra 1 (a) |

| | |
|---|---|
| <i>Bolma rugosa</i> (Linnaeus, 1767) [= <i>Astraea rugosa</i>] | Punta Negra 1 (a1) |
| <i>Rissoa variabilis</i> (Von Mühlfeldt, 1824) [= <i>Rissoa variabilis</i> var. <i>neglecta</i>] | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Rissoa ventricosa</i> Desmarest, 1814 | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Mangelia multilineolata</i> (Deshayes, 1835) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Opalia crenata</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Trivia</i> sp. (frag.) | Punta Negra 1 (a1) |
| <i>Luria lurida</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] (frag.) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Bursa scrobilator</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Natica turtoni</i> Smith, 1890 [= <i>Naticarius turtoni</i>] | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Polinices lacteus</i> (Guilding, 1834) | Punta Negra 1 (a) |
| <i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Trunculariopsis trunculus</i>] | Punta Negra 1 (a2) |
| <i>Cerithium proctatum</i> (Bivona, 1838) | Cala Vella (b) |
| <i>Thylacodes arenarius</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Lemintina arenaria</i>] | Cala Vella (b) |
| <i>Luria lurida</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Vella (b) |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] (frag.) | Cala Vella (b) |
| <i>Bursa scrobilator</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Vella (b) |
| <i>Ocenebra erinacea</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Vella (b) |
| <i>Vexillum ebenus</i> (Lamarck, 1811) [= <i>Mitra ebenus</i>] | Cala Vella (b) |
| <i>Persististrombus latus</i> (Gmelin, 1791) [= <i>Strombus bubonius</i>] (frag.) | Litoral de les pedreres de sa Fossa (b) |
| Serpulidae indet. | Es Bancals 1 (j) |
| <i>Echinocyamus pusillus</i> (O.F. Müller, 1775) | Es Bancals 1 (j) |
| ? <i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775) (dàctil) | Es Bancals 1 (j) |
| <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778) | Es Bancals 1 (k) |
| <i>Luria lurida</i> (Linnaeus, 1758) | Es Bancals 1 (k) |
| <i>Euthria cornea</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Buccinulum corneum</i>] | Es Bancals 2 (i) |
| <i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Glycymeris violascens</i>] | Cala Pi |
| <i>Cardita senegalensis</i> Reeve, 1843 | Cala Pi |
| <i>Callista chione</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Pi |
| <i>Jujubinus striatus</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Pi |
| <i>Thylacodes arenarius</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Lemintina arenaria</i>] (frag.) | Cala Pi |
| <i>Persististrombus latus</i> (Gmelin, 1791) [= <i>Strombus bubonius</i>] (frag.) | Cala Pi |
| <i>Concavus concavus</i> (Bronn, 1831) [= <i>Balanus concavus</i>] (frag.) | Cala Pi |
| <i>Xantho</i> cf. <i>poressa</i> (Olivi, 1792) (dàctil) | Cala Pi |
| <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816) (pua) | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758) | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Spondylus gaederopus</i> Linnaeus, 1758 | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Cardita calyculata</i> (Linnaeus, 1758) | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Jujubinus exasperatus</i> (Pennant, 1777) | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Phorcus lineatus</i> (da Costa, 1778) [= <i>Monodonta lineata</i>] | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Euspira intricata</i> (Donovan, 1804) [= <i>Payraudeautia intricata</i>] | Torre de s'Estalella +3 m |
| <i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758) | Torre de s'Estalella +4,5 m |
| <i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Torre de s'Estalella +4,5 m |
| <i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Glycymeris violascens</i>] | Torre de s'Estalella +4,5 m |
| <i>Diodora gibberula</i> (Lamarck, 1822) | Torre de s'Estalella +10,5 m |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Torre de s'Estalella (desc.) |
| <i>Cabestana cutacea</i> (Linnaeus, 1767) [= <i>Cymatium (Cabestana) cutacea</i>] | Torre de s'Estalella (desc.) |
| <i>Tarantinaea lignaria</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Fasciolaria lignaria</i>] (frag.) | Torre de s'Estalella (desc.) |
| <i>Loripes lucinalis</i> (Lamarck, 1818) [= <i>Loripes lacteus</i>] | Racó de s'Arena (b) |
| <i>Irus irus</i> (Linnaeus, 1758) | Racó de s'Arena (b) |
| <i>Cerithium lividulum</i> Risso, 1826 [= <i>Cerithium rupestre</i>] | Racó de s'Arena (b) |
| <i>Cerithium vulgatum</i> Bruguière, 1792 | Racó de s'Arena (b) |
| <i>Nassarius vivierii</i> (Payraudeau, 1826) [= <i>Hinia costulata</i>] | Racó de s'Arena (b) |
| <i>Patella ferruginea</i> Gmelin, 1791 [= <i>Patella (Scutellastra) ferruginea</i>] | Es Morters (b) |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] (frag.) | Es Morters (b) |

| | |
|--|---------------------|
| <i>Bursa scrobilator</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Es Morters (b) |
| <i>Bursa scrobilator</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Es Morters (c) |
| <i>Petricola lithophaga</i> (Retzius, 1788) | Ses Covetes (c) |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] | Ses Covetes (c) |
| <i>Conus ermineus</i> Born, 1778 | Ses Covetes (c) |
| <i>Cardita calyculata</i> (Linnaeus, 1758) | Freu de ses Covetes |
| <i>Petalococonchus glomeratus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Spiroglyphus glomeratus</i>] | Freu de ses Covetes |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] (frag.) | Freu de ses Covetes |
| <i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758 (frag.) | Cala Murada (a) |
| <i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Glycymeris violascens</i>] | Cala Murada (a) |
| <i>Spondylus gaederopus</i> Linnaeus, 1758 (frag.) | Cala Murada (a) |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] (frag.) | Cala Murada (a) |
| <i>Monoplex parthenopeus</i> (Salis Marschlin, 1793) [= <i>Cymatium costatum</i>] (frag.) | Cala Murada (a) |
| <i>Gemophos viverratus</i> (Kiener, 1834) [= <i>Cantharus viverratus</i>] | Cala Murada (a) |
| <i>Myotragus balearicus</i> Bate, 1909 (frag.) | Cala Murada (a) |
| <i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Glycymeris violascens</i>] | Cala Morlanda (b) |
| <i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758 (frag.) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Barbatia barbata</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Acar clathrata</i> (Defrance, 1816) [= <i>Barbatia (Acar) plicata</i>] | Cala Morlanda (b) |
| <i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Anomia epphipium</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Manupecten pesfelis</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Chlamys (Manupecten) pesfelis</i>] | Cala Morlanda (b?) |
| <i>Spondylus gaederopus</i> (frag.) (Linnaeus, 1758) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Ctena decussata</i> (Costa, 1829) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Morlanda (b?) |
| <i>Diodora gibberula</i> (Lamarck, 1822) | Cala Morlanda (b) |
| <i>Patella aspera</i> Röding, 1798 | Cala Morlanda (b) |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Cala Morlanda (b) |
| <i>Luria lurida</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Morlanda (b) |
| Serpulidae indet. | Cala Mosca |
| <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816) (frag.) | Cala Mosca |
| <i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Mosca |
| <i>Anomia epphipium</i> Linnaeus, 1758 | Cala Mosca |
| <i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Mosca |
| <i>Loripes lucinalis</i> (Lamarck, 1818) [= <i>Loripes lacteus</i>] | Cala Mosca |
| <i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Cala Mosca |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Cala Mosca |
| <i>Donax semistriatus</i> (Poli, 1795) | Cala Mosca |
| <i>Diodora gibberula</i> (Lamarck, 1822) | Cala Mosca |
| <i>Clanculus cruciatus</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Cala Mosca |
| <i>Bolma rugosa</i> (Linnaeus, 1767) [= <i>Astraea rugosa</i>] (opercle) | Cala Mosca |
| <i>Melarhapha neritoides</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Littorina neritoides</i>] | Cala Mosca |
| <i>Rissoa violacea</i> Desmarest, 1814 | Cala Mosca |
| <i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Thais haemastoma</i>] (frag.) | Cala Mosca |
| <i>Lithophyllum</i> sp. [= <i>Lithothamnium</i> sp.] (rodòlit) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Mytilaster minimus</i> (Poli, 1795) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Gastrana fragilis</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Patella aspera</i> Röding, 1798 | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Patella depressa</i> Pennant 1777 [= <i>Patella intermedia</i>] | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Petalococonchus glomeratus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Spiroglyphus glomeratus</i>] (frag.) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Trunculariopsis trunculus</i>] (frag.) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Euthria cornea</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Buccinulum corneum</i>] (frag.) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Turbonilla</i> sp. (frag.) | Cala Nau 1 (b) |
| <i>Lithophyllum</i> sp. [= <i>Lithothamnium</i> sp.] (rodòlit) | Cala Nau 2 |

| | |
|--|----------------------------|
| <i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Nau 2 |
| <i>Chama gryphoides</i> Linnaeus, 1758 | Cala Nau 2 |
| <i>Patella ferruginea</i> Gmelin, 1791 [= <i>Patella (Scutellastra) ferruginea</i>] | Cala Nau 2 |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Cala Nau 2 |
| <i>Gibbula adansoni</i> (Payraudeau, 1826) | Cala Nau 2 |
| <i>Bolma rugosa</i> (Linnaeus, 1767) [= <i>Astraea rugosa</i>] (opercle) | Cala Nau 2 |
| <i>Cerithium vulgatum</i> Bruguière, 1792 (frag.) | Cala Nau 2 |
| <i>Monophorus perversus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Triphora perversa</i>] | Cala Nau 2 |
| <i>Trivia monacha</i> (da Costa, 1778) [= <i>Trivia europea</i>] | Cala Nau 2 |
| <i>Columbella rustica</i> (Linnaeus, 1758) | Cala Nau 2 |
| <i>Conus ventricosus</i> (Gmelin, 1791) [= <i>Conus mediterraneus</i>] | Cala Nau 2 |
| <i>Persististrombus latus</i> (Gmelin, 1791) [= <i>Strombus bubonius</i>] | Cala Nau 3 |
| <i>Chama gryphoides</i> (Linnaeus, 1758) | S'arenal de son Servera |
| <i>Spondylus gaederopus</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | S'arenal de son Servera |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Punta Roja (c) |
| <i>Conus ventricosus</i> (Gmelin, 1791) [= <i>Conus mediterraneus</i>] | Punta Roja (c) |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Punta Roja (d) |
| <i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Roja (f) |
| <i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Roja (f) |
| <i>Clanculus cruciatus</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Roja (f) |
| <i>Irus irus</i> (Linnaeus, 1758) | Punta Roja (f) |
| <i>Clausinella fasciata</i> (da Costa, 1778) | Punta Roja (f) |
| <i>Gibbula adansoni</i> (Payraudeau, 1826) | Punta Roja (f) |
| <i>Thylaeodus semisurrectus</i> (Bivona-Bernardi, 1832) [= <i>Bivonia semisurrecta</i>] | Punta Roja (f) |
| <i>Vermetus triquetrus</i> Bivona-Bernardi, 1832 [= <i>Bivonia triquetra</i>] | Punta Roja (f) |
| <i>Petalochonus glomeratus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Spirogyphus glomeratus</i>] | Punta Roja (f) |
| <i>Euspira intricata</i> (Donovan, 1804) [= <i>Payraudeautia intricata</i>] | Punta Roja (f) |
| <i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Trunculariopsis trunculus</i>] | Punta Roja (f) |
| <i>Pyrgiscus rufus</i> (Philippi, 1836) [= <i>Turbonilla (Pyrgiscus) densecostata</i>] | Punta Roja (f) |
| <i>Raphitoma linearis</i> (Montagu, 1803) | Punta Roja (f) |
| <i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775) (quèlpede) | Cala Agulla-S'Entrador (b) |
| <i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Cala Agulla-S'Entrador (b) |
| <i>Mangelia multilineolata</i> (Deshayes, 1835) | Cala Agulla-S'Entrador (b) |
| <i>Glycymeris nummaria</i> (Linnaeus, 1758) [= <i>Glycymeris violascens</i>] (frag.) | Cala Mesquida-Canteres (a) |
| <i>Talochlamys multistriata</i> (Poli, 1795) [= <i>Chlamys multistriata</i>] | Cala Mesquida-Canteres (a) |
| <i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Cala Mesquida-Canteres (a) |
| Ostreidae indet. (frag.) | Cala Mesquida-Canteres (a) |
| <i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758 | Cala Mesquida-Canteres (a) |
| <i>Spondylus gaederopus</i> Linnaeus, 1758 | Font Celada c (d) |
| <i>Semicassis granulata</i> (Born, 1778) [= <i>Semicassis undulata</i>] (frag.) | Font Celada c (d) |
| <i>Pecten jacobaeus</i> (Linnaeus, 1758) (frag.) | Font Celada d |
| <i>Vexillum ebenus</i> (Lamarck, 1811) [= <i>Mitra ebenus</i>] | Caloscamps (b) |
| <i>Persististrombus latus</i> (Gmelin, 1791) [= <i>Strombus bubonius</i>] | Ses Escorxes (b) |
| <i>Ocenebra erinacea</i> (Linnaeus, 1758) | Ses Escorxes (b) |
| <i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775) (dàctil) | Torrent de son Real (c) |
| <i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836) | Torrent de son Real (c) |
| <i>Diodora graeca</i> (Linnaeus, 1758) | Torrent de son Real (c) |
| <i>Phorcus turbinatus</i> (Born, 1778) [= <i>Monodonta turbinata</i>] | Torrent de son Real (c) |
| <i>Gibbula umbilicaris</i> (Linnaeus, 1758) | Torrent de son Real (c) |
| <i>Trivia monacha</i> (da Costa, 1778) [= <i>Trivia europaea</i>] | Torrent de son Real (c) |
| <i>Haliotis tuberculata</i> Linnaeus, 1758 | Platja de sant Joan (d) |

Blocs amb origen tsunamític a les costes rocoses del Nord-est de Mallorca (Illes Balears)

Francesc Xavier ROIG-MUNAR, José Ángel MARTÍN-PRIETO, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Joan Manel VILAPLANA i Bernadí GELABERT

SHNB



SOCIETAT
D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES
BALEARIS

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Vilaplana, J.M. i Gelabert, B. 2016. Blocs amb origen tsunamític a les costes rocoses del Nord-est de Mallorca (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 69-88. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Les costes rocoses del Nord Est de Mallorca, Illes Balears, presenten acumulacions de blocs de mida mètrica que han estat transportats terra endins per forts fluxos hídrics de tsunamis i/o tempestes. Aquests blocs es disposen tant de manera individual com en agrupacions imbricades, sense arribar a formar cordons ben definits, a alçades que van de 1 a 15 m s.n.m i a distàncies terra endins fins als 55 m. La majoria dels blocs són angulosos i el seu pes oscil·la entre 3,5 i 24,5 T. Aquest treball presenta 5 àrees d'estudi on s'han realitzat l'anàlisi morfomètric dels blocs i s'han aplicat equacions per determinar les columnes d'aigua necessàries pel seu transport baix tres supòsits diferents: blocs submergits, blocs subaeris i blocs condicionats per juntes.

Paraules clau: *costa rocosa, Mallorca, morfometria de blocs, tempestes, tsunamis.*

Tsunami blocks on rocky shores north-east of Majorca (Balearic Islands). The rocky shores of the NE Mallorca (Balearic Islands) have accumulations of boulders that have been transported inland by strong water flows from tsunamis and / or storms. These blocks are arranged both individually and in groups, sometimes with an imbricated setting. They are located at heights ranging from 1 to 15 m and distances up to 55 m inland. Most boulders are angular and its weight varies between 3.5 and 24.5 T. This paper shows the block morphometric analysis of five study areas and determines water columns needed for transportation under three different scenarios: submerged blocks, subaerial blocks and joint bounded blocks.

Key words: *boulder morphology, Mallorca, rocky coast, storms, tsunamis.*

F. X. ROIG-MUNAR, QUATRE, consultoria ambiental email: xiscoroig@gmail.com
J. A. MARTÍN-PRIETO i A. RODRÍGUEZ-PEREA Dept. de Geografia, grup de recerca BIOGEMED, J. M. VILAPLANA Grup RISKINAT, Dept. de Geodinàmica i Geofísica, Universitat de Barcelona; B. GELABERT, Dept. de Biologia, Universitat de les Illes Balears.

Recepció del manuscrit: 11-abril-16; revisió acceptada: 21-nov-16.

Introducció

Hi ha una evidència creixent que les costes rocoses són també sensibles a esdeveniments d'alta energia. Les acumulacions de blocs a sobre de penya-segats representen un tipus de dipòsit amb característiques que evidencien el seu transport per tempestes de gran energia (Suañez *et al.*, 2009) i/o tsunamis (Paris *et al.*, 2009). Sens dubte, molts dipòsits de blocs poden tenir un origen poligènic associat tant a tempestes severes com a tsunamis (Scheffers i Scheffers, 2006; Hall, 2011; Roig-Munar *et al.*, 2015), no obstant la distinció entre els blocs de tsunami i els blocs d'onatge es basa en un conjunt de criteris sedimentològics, morfològics, cronològics, estratigràfics i d'organització que cal tractar a cada unitat d'anàlisi (Scheffers i Kinis, 2014; Roig-Munar *et al.*, 2015).

La identificació de blocs transportats per tsunami o per tempesta és important pel reconeixement de l'ocurrència d'esdeveniments que es van produir en el passat (Nott, 2003) i per estimar les propietats hidràuliques que han actuat sobre ells (Engel i May, 2012). Tot i que no hi ha un únic patró que diagnostiqui els dipòsits, les diferents característiques morfològiques, juntament amb l'estudi detallat de cada àrea analitzada (Roig-Munar *et al.*, 2015), poden evidenciar el seu desplaçament per onatges i/o tsunamis (Paris *et al.*, 2011).

La conca mediterrània es caracteritza per una costa molt articulada que individualitza petites subconques ben definides, i on el clima marítim no està condicionat només per l'energia i velocitat del vent (Cañelles, 2010). Com a conseqüència d'aquesta disposició, al Mediterrani occidental la generació de l'onatge està condicionada per un fetch limitat, per la qual cosa les seves costes

podrien presentar indicadors ideals per identificar els efectes excepcionals que han donat lloc a la deposició i disposició de blocs (Mastronuzzi *et al.*, 2006). Aquestes acumulacions s'han analitzat recentment en diferents contextos tectònics i geomorfològics del Mediterrani oriental i occidental per intentar distingir el mecanisme responsable del seu emplaçament (Mastronuzzi i Sanso, 2000; Scheffers i Scheffers, 2007; Paris *et al.*, 2009; Roig-Munar *et al.*, 2015; Mottershad *et al.*, 2014; 2015). Aquests estudis testifiquen events en base a dipòsits de gran mida, com mega-blocs (Scicchitano *et al.*, 2007), mega-bermes (Maouche *et al.*, 2009), o esclavissades (Vött *et al.*, 2006).

En general a la mar Mediterrània la presència de grans blocs s'atribueix a tsunamis, no obstant això, també hi han evidències que l'emplaçament de alguns dels blocs ha estat produït per tempestes extremes (Biolchi *et al.*, 2015) i d'altres representen processos mixtos de tempestes i tsunami (Roig-Munar *et al.*, 2015; Biolchi *et al.*, 2015). Actualment, diferents equacions permeten establir les condicions hidrodinàmiques de deposició dels blocs cada vegada amb més precisió, això afavoreix destriar fenòmens d'onatge i/o tsunami, i són arguments fermes que permeten interpretar el fenomen que té lloc a cada àrea (Scheffers i Kinis, 2014).

La presència de blocs d'ordre mètric acumulats sobre les costes rocoses de Mallorca ha estat un tema poc tractat i que genera debat sobre la seva gènesi, associada conjunta o separatament a tsunamis i/o tempestes (Kelleat i Shellmann, 2002; Roig-Munar *et al.*, 2014; 2015). Tot i que aquests blocs ja son citats per Butzer (1963) i Cuerda *et al.* (1991), el seu anàlisi és un tema recent en la producció científica de Mallorca. La presència de blocs és tractada per Bartel i Kelleat (2003), Sheffers i

Kelletat (2003) i Kelletat *et al.* (2005) a algunes àrees de Mallorca, on aporten dades que relacionen blocs sobre plataformes carbonatades amb processos mixtes de tempestes i tsunamis, utilitzant equacions simples, com el *Transport Figure* (Scheffers i Kelletat, 2003), per discernir els blocs desplaçats per uns fenòmens dels altres.

Kelletat *et al.* (2005) i Scheffers *et al.* (2008) dataren alguns blocs de la costa S i NE de Mallorca mitjançant radiocarboni. Roig-Munar *et al.* (2014; 2015) realitzaren estudis sobre blocs a les costes de Mallorca, aplicant diferents equacions per tal de distingir entre els blocs associats a les tempestes i als tsunamis, així com la relació d'aquests darrers amb les trajectòries de tsunamis provinents del Nord d'Àfrica. A les costes de la Mediterrània nord-occidental i a les illes Balears van ser reconeguts blocs de tsunami per Scheffers i Kelletat (2003) i posteriorment per Roig-Munar *et al.* (2014; 2015), associant-los a diferents esdeveniments registrats a les Balears (Fontseré, 1918; Silva i Rodríguez, 2014) o bé a les fonts tsunamítiques que afecten a les illes (Roger i Hébert, 2008; Álvarez *et al.*, 2010; 2011; Periáñez i Abril, 2013).

El modelatge dels tsunamis és una eina important per predir el risc potencial de tsunami amb patrons d'inundació i empremtes sedimentàries, com ara la presència de blocs o de dipòsits arenosos al llarg de la costa (Paris *et al.*, 2010). Roger i Hébert (2008) realitzaren la modelització del tsunami de 1856 i la seva propagació cap a les illes Balears. Els resultats de la modelització numèrica mostren que la localització de la falla generadora es clarament discriminatòria pel que fa a les àrees afectades, i que la propagació del tsunami s'orientà més cap al S de França i cap a les illes Balears (Fig. 6). També

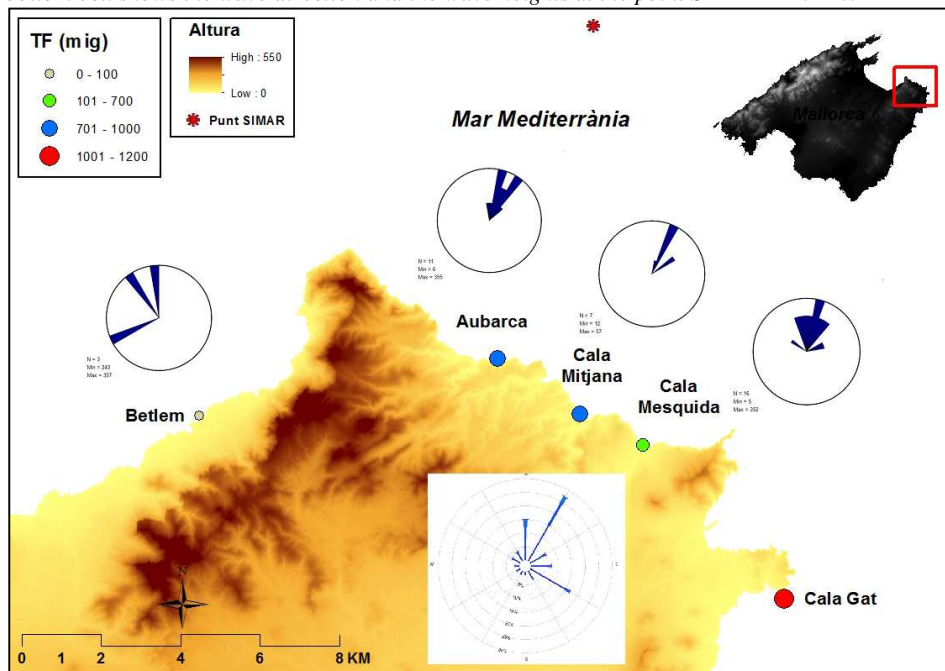
indiquen que alguns llocs, principalment al llarg de la costa E de Mallorca i del SE de Menorca, eren els més afectats per l'arribada de l'onada del tsunami i la seva amplificació.

Álvarez *et al.* (2010; 2011) realitzaren una modelització dels possibles tsunamis generats per fonts properes a la península Ibèrica i a les illes Balears. Aquest model es basà en l'esquema de diferències finites utilitzat per investigar diversos tsunamis històrics en el passat. A la regió mediterrània els tsunamis generats pels terratrèmols s'espera que presentin longituds d'ona entre 5 i 20 km, mentre que les màximes profunditats d'aigua són de l'ordre de 3 km (Wang i Liu, 2005). El domini de simulació realitzat cobreix el mar d'Alborán i d'Algèria juntament amb la conca Balear, calculant els temps de viatge del tsunami.

Els resultats obtinguts amb aquestes modelitzacions mostren mapes d'elevació d'ona màxima i de temps de viatge dels tsunamis, i permeten definir un mapa de trajectòries preferents per nou fonts tsunamítiques concretes (Álvarez *et al.*, 2010). Aquestes nou fonts sísmiques són de característiques similars a les responsables dels terratrèmols de al-Asnam (1980) i Boumerdes-Zemmouri (2003), que representen l'activitat de falles inverses de baix angle que cabussen cap al S i SE, capaces de generar terratrèmols d'intensitat 7.3. L'illa de Mallorca es veu afectada en major o menor mesura per totes les fonts generades al N d'Algèria. Algunes d'aquestes fonts tenen un major impacte en la part SE de l'illa i també al NE. El temps de viatge del tsunami per a les fonts més properes és d'uns 30 minuts a l'illa de Cabrera i de 35 minuts a la costa S, E i NE de Mallorca.

Fig. 1. Ubicació de les cinc àrees analitzades amb representació del *Transport Figure* (Scheffers i Kellett, 2003). Als cercles es representen les direccions dels blocs, mentre a la part inferior sobre un requadre, es mostra la direcció de l'onatge al punt SIMAR 2125118.

Fig. 1. Location of the five analysed areas and the average of *Transport Figure* (Scheffers and Kellett, 2003) of the blocs for each area. Circles represent the directions of blocks, while the rose in the bottom box shows the wave direction and the wave heights at the point SIMAR 2125118.



En aquest treball s'analitzen els blocs mètrics situats a les costes NE de Mallorca. S'han identificat cinc àrees amb presència significativa de blocs. La seva morfometria, cartografia, disposició sedimentaria i les seves relacions amb el tipus de costa a on se troben, ens permeten identificar el o els processos que han contribuït al seu transport.

Àrea d'estudi

Al NE de Mallorca, la península d'Artà presenta relleus de fins a 550 m, que són la prolongació de les serres de Llevant. En el seu litoral alternen petits entrants amb cales

amb una costa rocosa més o menys accidentada. Cada àrea analitzada presenta unes característiques geomorfològiques definides que condicionarán la presència i disposició dels blocs analitzats (Fig. 2). No obstant, totes elles presenten un patró en comú: la presència de blocs de grans dimensions amb morfologies de cordons o agrupacions de blocs imbricats ubicats sobre penya-segats o rampes litorals. En totes elles hem de descartar el seu emplaçament per processos gravitacionals ja que no existeix cap escarp proper que els pugui originar. La majoria de les àrees, excepte Cala Gat, presenten morfologies pre i post-deposicionals de cocons sobre els blocs.

Fig. 2. Imatges il·lustratives de cada àrea analitzada. A: Agrupació de blocs imbricats sobre una terrassa litoral a Betlem, B: Agrupació de blocs imbricats sobre penya-segats a Aubarca. C: Blocs dispersos sobre eolianites a Cala Mitjana. D: Blocs aïllats a cotes inferiors a la de la cornisa del penya-segat de Cala Gat E: Agrupacions de blocs imbricats i alguns blocs dispersos sobre rampes d'eolianites a Cala Mesquida.

Fig. 2. Pictures to illustrate each analysed area. A: Imbricated blocks on a coastal terrace in Betlem, B: groups of imbricated blocks over cliffs terraces in Aubarca. C: Scattered eolianite blocks in Cala Mitjana. D: Isolated blocks on lower levels of the altitude of the cliff edge of Cala Gat E: Imbricated and scattered blocks on eolianite ramps of Cala Mesquida



La morfologia dels penya-segats analitzats a les 5 àrees correspon a les següents tipologies: per una banda tenim dues àrees amb rampes de dunes fòssils adossades als penya-segats (Cala Mitjana i Cala Mesquida); són eolianites quaternàries adossades o que descansen sobre materials cretaci. Per un altre, Cala Gat es presenta com un petit sortint de materials del Juràssic amb un penya-segat vertical que supera els 10 m. Aubarca presenta un penya-segat de 4,5 m amb una suau pendent cap a terra sobre eolianites quaternàries, i finalment Betlem presenta una plataforma de materials plioquaternaris que queden truncades per la incisió de torrents i pels penya-segats costaners amb una alçada no superior a 0,5 m. Una descripció més general d'aquest litoral pot trobar-se a Gómez-Pujol *et al.* (2007).

Clima marítim

Una primera aproximació a la presència de blocs d'aquest sector costaner fou realitzada per Bartel i Kelletat (2003), que varen analitzar alguns blocs a Cala Mesquida, Betlem, Cala Estreta i Cala Gat. Aquests autors atribueixen alguns dels blocs a tsunamis, tant pels valors obtinguts de les equacions aplicades com per les formes d'imbricació que presenten molts d'ells. Pel que fa a la dinàmica marina que afecta a aquesta àrea d'estudi, es veu influenciada per els següents agents:

Les mareas a l'àmbit balear són negligibles. Les oscil·lacions de la pressió atmosfèrica són més influents que la pròpia marea en sí. Presenta valors que oscil·len al voltant de 0.3 m (www.puertos.es).

L'onatge està condicionat per un fetch reduït, amb una extensió màxima de 560 km cap el SE. Les dades de l'onatge (altura d'ona significant, Hs, i direcció) són proporcionades per l'ens públic Puertos del Estado (www.puertos.es), mitjançant el

conjunt de dades SIMAR. Aquestes dades estan formades per sèries temporals de paràmetres de vent i onatge, procedents de modelat numèric. De manera general, aquestes sèries temporals cobreixen un període de més de 50 anys, començant a l'any 1958, fins l'actualitat.

Per aquest treball, s'ha utilitzat el Punt SIMAR 2125118, situat a uns 10 km al N de la Península d'Artà (www.puertos.es) (Fig. 1). La distribució temporal de la altura significant y la seva direcció mostra que la major freqüència i sobretot, la major intensitat, tenen una clara component NNE, tot seguit de la component N amb un 27 i 15 % respectivament. En quant a la freqüència de la Hs, el 73% té una altura inferior a 1 m i tan sols el 0.15 % supera els 4.5 m. Las altures màximes registrades des de 1958, van tenir lloc el 9 de desembre de 2014, amb una altura de 7.7 m y un període de 12.5 s, amb una direcció procedent del NNE i el 25 de gener de 2015 amb una altura de 7.5 m, un període també de 12,5 s i una direcció també del NNE (www.puertos.es). La Hs50, s'estima en 9.88 m. Recents estudis sobre els run-up de grans tempestes (medicanes) permeten arribar a altures de fins 11 m (Jansà, 2013).

Material i mètodes

Per tal d'identificar el registre tsunamític del NE de Mallorca s'ha fet una recerca intensiva del seu litoral, primer analitzant les ortofotos disponibles i després mitjançant el treball de camp. Això ha permès identificar cinc àrees amb blocs potencialment procedents de tsunamis. A cada una d'elles, pel seu estudi s'han triat només els blocs de mida mètrica. D'aquesta manera s'ha caracteritzat la morfologia i el context geomorfològic d'un total de 59 blocs dipositats sobre les 5 àrees d'estudi

situades a penya-segats i terrasses litorals del NE de les Serres de Llevant (Fig. 1).

A cada àrea s'ha definit el següent:

1. Caracterització cartogràfica, geològica i geomorfològica a escala 1:1.000 amb base als mapes topogràfics i ortofotos de l'IDEIB (Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears). La cartografia sintetitza la fisiografia de cada àrea, representant de forma esquemàtica processos morfo-genètics, morfoestructurals i morfodinàmics.

2. Caracterització dels perfils: es realitzà un perfil topogràfic i batimètric perpendicular a la costa per cada àrea. Els perfils informen del pendent de cada àrea, l'alçada i el tipus del penya-segat des de la isòbata -30 fins a l'inici de la cobertura vegetal terrestre. S'han utilitzat les fonts de l'IDEIB i la batimetria del Projecte Life Posidonia a escala 1:5000 (<http://cedai.imedeia.uib-csic.es>). Els factors considerats alhora de la classificació d'aquests perfils han estat tant l'altura com la morfologia de la costa a partir de les mesures i observacions fetes al camp. Les tipologies dels penya-segats considerades són: perfil baix, perfil vertical de 0 a 5 m i perfils superiors als 8 m. Els perfils corresponen a penya-segats alts i a costes rocoses amb presència de blocs, segons la classificació de Balaguer (2012).

3. Caracterització morfomètrica del blocs:

a. De cada bloc s'han obtingut els valors de l'eix llarg (A), intermedi (B) i curt (C), que freqüentment coincideix amb la potència de l'estrat del qual prové el bloc. Per tal de determinar el volum més fiable, i al ser aquestes dades una simplificació del volum del bloc, s'han realitzat triangulacions a un escandall de blocs per tal d'obtenir un volum més aproximat al real que el que dona el simple producte $A*B*C$ (Roig-Munar *et al.* 2015).

Aquesta tècnica permet obtenir les àrees de formes poligonals, normalment irregulars, i mitjançant la seva descomposició en formes prismàtiques formant una malla, on la suma dels prismes dona com a resultat el total del volum.

b. De cada bloc també s'han obtingut valors de la seva orientació i cabussament, així com la seva cota topogràfica i la distància a la línia de costa, prenent com a referència el centre del bloc.

c. S'han calculat les densitats dels blocs d'acord amb les litologies presents a cada àrea, -calcaries i dolomies del Juràssic i calcarenites del Quaternari- mitjançant la relació volum/pes calculats per immersió i pes de fragments representatius.

4. Disposició sedimentària: s'ha registrat la presència de blocs aïllats, grups de blocs imbricats, cordons de blocs imbricats, i/o presència de blocs recentment arrabassats. Aquestes dades permeten destriar diferències sedimentològiques entre diferents fluxos (Paris *et al.*, 2011).

5. Observacions qualitatives com són: la disposició dels blocs respecte l'estratificació de la zona i la seva relació amb l'àrea font (Roig-Munar *et al.*, 2014), la presència de fractures que poden afavorir l'arrabassament dels blocs exposats i la presència de blocs amb incrustacions de fauna marina endolítica, que indica l'origen del bloc abans del seu desplaçament (Bishop i Hughes, 1989).

6. Presència de morfologies pre-deposicionals –generades abans de l'arrabassament del bloc- com *notch* i cocons (Fig. 2B) i post-deposicionals –generades després del trasllat del bloc- cocons, impactes, etc. Totes aquestes dades permeten identificar moltes vegades la posició inicial i final dels blocs, així com de les superfícies d'abradió corresponents als blocs desmantellats.

7. Grau d'arrodoniment dels blocs, presència de sediment a cada àrea (Goto *et al.*, 2011) i de superfícies d'abrasió. S'ha observat també la presència d'impactes de petita mida i d'abrasions a superfícies rocoses properes a la línia de costa (Balaguer, 2006).

8. Existència de blocs associats a morfologies de *flowouts*: canals submergits o a terra, sobre el penya-segat, que afavoreixen l'entrada i acceleració de fluxos de d'aigua amb transport i deposició de blocs terra endins (Roig-Munar *et al.*, 2014).

Anàlisi hidrològica

Per tal d'establir les condicions hidrodinàmiques en que se varen arrabassar, transportar i dipositar aquests blocs, s'han fet servir diverses equacions matemàtiques.

Les equacions de Nott (2003) i Engel i May (2012), àmpliament utilitzades, permeten, aplicades a cada bloc, calcular els valors hidrodinàmics necessaris per l'arrabassament, desplaçament i deposició dels blocs baix diferents supòsits: bloc submergit, bloc subaeri i bloc delimitat per fractures. S'han triat les equacions de Nott (2003) com les primeres i més bàsiques per determinar l'ordre de magnitud dels processos hidrodinàmics i s'han comparat els seus resultats amb les equacions de Engel i May (2012), que matisen les de Nott establint un joc d'esforços més complex. Totes elles ens permeten establir o descartar els diferents escenaris d'onatge i/o de tsunamis que han donat lloc a la creació d'aquests dipòsits.

Així mateix, s'han calculat els valors del *Transport Figure*, de Scheffers i Kelletat (2003) que, tot i la seva simplicitat, recull, sigui tan sols de manera semi-quantitativa, tots els paràmetres avaluadors essencials (pes, alçaria, i distància a la costa

de cada bloc) de l'energia necessària per produir l'arrabassament i transport de cada bloc.

Les equacions aplicades són les següents:

a) *Equació de Nott (2003)*: calcula els valors hidrodinàmics necessaris per l'arrabassament i desplaçament de blocs sota tres diferents supòsits:

(1) Blocs submergits:

$$H_t = [0,25(\rho_s - \rho_w / \rho_w)2a] / [Cd(ac/b^2) + Cl]$$

$$H_s = [(\rho_s - \rho_w / \rho_w)2a] / [Cd(ac/b^2) + Cl]$$

(2) Blocs sobre plataformes o rases:

$$H_t = [0,25(\rho_s - \rho_w / \rho_w) ((2a - C_m(a/b)(\ddot{u}/g))] / [Cd(ac/b^2) + Cl]$$

$$H_s = [(\rho_s - \rho_w / \rho_w) ((2a - 4C_m(a/b)(\ddot{u}/g))] / [Cd(ac/b^2) + Cl]$$

(3) Blocs controlats per juntes:

$$H_t = [0,25(\rho_s - \rho_w / \rho_w)a] / Cl$$

$$H_s = [(\rho_s - \rho_w / \rho_w)a] / Cl$$

On H_t i H_s són les alçades d'ona trencant necessàries pel desplaçament o arrabassament de blocs amb un escenari de tsunami (H_t) i de tempesta (H_s); ρ_s i ρ_w són les densitats del bloc i de l'aigua de la mar; a és l'eix llarg, b és l'eix mig del bloc i c el eix curt. Cl i C_m són coeficients empírics d'elevació i massa, Cd es el coeficient d'arrossegament, g és la constant de gravetat i \ddot{u} el flux d'acceleració.

b) *Equacions d'Engel i May (2012)*: aquests autors aporten com a novetat la redimensió dels blocs mitjançant el càlcul d'un volum més real per a cadascun d'ells, reduint els volums inicials obtinguts amb la multiplicació dels eixos A, B i C per un factor corrector obtingut amb tècniques fotogramètriques. Aquests autors també utilitzen el pendent de la base dels blocs, ja que els blocs se separen de la plataforma en funció de paràmetres morfològics exposats a l'arribada de l'ona. Aquestes equacions són les més utilitzades en els darrers estudis de morfometries de blocs de tsunami (Biolchi *et al.*, 2015; Roig-Munar *et al.*, 2015; May *et al.*, 2015).

Engel i May (2012) proposen sendes equacions pels blocs delimitats per fractures:

$$HT = (P_b - P_w) \cdot V \cdot (\cos\theta + \mu \cdot \sin\theta) / 2 \cdot P_w \cdot C_L \cdot a \cdot b \cdot q$$

$$HS = (P_b - P_w) \cdot V \cdot (\cos\theta + \mu \cdot \sin\theta) / 0.5 \cdot P_w \cdot C_L \cdot a \cdot b \cdot q$$

En elles, HT es l'altura de l'ona de tsunami, HS es l'altura de l'ona de temporal, θ el pendent de la base dels blocs, μ el coeficient de fricció estimat en 0,65, C_L el coeficient de sustentació, estimat en 0,178 i q un coeficient d'àrea del bloc valorat en 0,73.

Pel que fa als blocs subaeris, Engel i May (2012) utilitzen les següents equacions:

$$HT = 2 \cdot \mu \cdot V \cdot P_b / C_D \cdot (a \cdot c \cdot q) \cdot P_w$$

$$HS = 0,5 \cdot \mu \cdot V \cdot P_b / C_D \cdot (a \cdot c \cdot q) \cdot P_w$$

A on C_D és el coeficient d'arrossegament, estimat per aquests autors en 1,95.

Un enfocament numèric diferent s'empra per estimar la distància màxima d'inundació de tsunami (X_{max}). Aquest paràmetre es depenent de l'alçada del tsunami (HT) i la rugositat de la superfície. Segons Pignatelli *et al.* (2009) aquesta estimació es basa amb la distància terra endins on es troba el bloc més gran (D) i el pendent de l'angle de la superfície de la plataforma (α) en la seva cornisa:

$$X_{max} = D + (H_T - hc)^{4/3} \cdot n^{-2} \cdot k \cdot \cos\alpha$$

A on hc es l'altura del penya-segat, n el nombre de Manning i k una constant estimada en 0,06 per la majoria de tsunamis.

Els resultats estan significativament condicionats per les alçades d'ona més realistes que s'obtenen de les estimacions realitzades per Nott (2003) i Nandasena *et al.* (2011), i que es basen en supòsits simplificadors relatius als blocs i als processos de transport.

Per tenir una estimació de les columnes d'aigua necessàries pel desplaçament dels blocs a sobre del penya-segat (Roig-Munar *et al.*, 2015), als resultats de les equacions de Nott (2003) i Engel i May (2012) se li ha de sumar el valor real de l'alçada del penya-segat a la seva cornisa.

Finalment, s'ha utilitzat la fórmula de Scheffers i Kelletat (2003) denominada *Transport Figure (TF)*: es tracta d'una equació força simple que consisteix amb la multiplicació del pes del bloc (P) en tones, per la distància on es troba des de la cornisa del penya-segat (D) en metres, i per l'altura a on es troba el bloc sobre el nivell del mar (H) també en metres.

$$TF = P \cdot D \cdot H$$

El *Transport Figure (TF)* simplifica les formulacions revisades, els llinars i les condicions per discernir l'ona de tempesta de l'ona de tsunami. Es tracta d'una fórmula poc utilitzada en l'estudi de la hidrodinàmica dels blocs, tot i que, en definitiva és una bona aproximació a l'energia necessària pel transport de cada bloc. Segons Scheffers i Kelletat (2003) en aplicar-la en Mallorca, els valors de TF fins a 230 són blocs transportats per l'onatge de tempesta, metres que un TF superior a 250 és el resultat del transport per tsunamis. Aquesta equació també ha estat utilitzada per Keating i McGuire (2000) i Keating *et al.* (2011) en la comparació de diferents blocs al llarg de la costa del Marroc i Hawaii, i per Roig-Munar *et al.* (2014, 2015) en el estudi de blocs a les illes Balears, on per tal d'establir un marge de seguretat s'estableix de forma arbitrària un $TF > 1.000$ com a llinar per destriar tsunami de tempestes. L'ús del valor $TF > 1.000$ diferencia de forma clara tots dos orígens, amb un valor superior a l'establert per Scheffers i Kelletat (2003), i tot i aplicant una reducció significativa (38% del valors $A \cdot B \cdot C$) al càlcul del volum dels

blocs amb base als resultats de la seva triangulació. La totalitat dels blocs amb $TF > 1.000$ analitzats a aquest treball i a la resta de les Balears -més de 1.100 blocs- corresponen a blocs transportats per tsunamis, segons les equacions hidrodinàmiques esmentades (Roig-Munar, 2016). No obstant, no es pot dir el contrari per valors de $TF < 1.000$. En aquests casos l'atribució a tsunamis, a tempestes o a processos mixtes no es automàtica, si be els valors més petits apunten a la participació de tempestes amb major probabilitat.

Resultats i discussió

Els resultats obtinguts de la caracterització dels blocs, dels seus emplaçaments, juntament amb el règim d'onatge dominant, la cartografia i les dades morfològiques de cada àrea, permeten tenir una visió més detallada dels diferents processos que hi actuen i relacionar-ho amb les forces hidràuliques produïdes per diferents fluxos sobre els penya-segats analitzats.

Per tal de determinar un volum més real dels blocs, els resultats obtinguts en la mesura directa mitjançant els tres eixos principals ($V = A * B * C$) s'han ajustat mitjançant els resultats de la triangulació d'un conjunt de blocs representatius. Un cop triangulats s'ha obtingut un valor mig del 62% de volum inicial mesurat amb els tres eixos simples. Aquest factor de correcció s'ha aplicat a tots els blocs (59), reduint d'aquesta manera els valors obtinguts amb la morfometria simple en un 38%. Així, s'ajusten amb major fiabilitat els resultats volumètrics de cada bloc.

Les densitats dels blocs són decisives per inferir les alçades mínimes requerides pels diferents fluxos que els han mogut; així establim dades més realistes de l'altura

d'ona per tal de realitzar una clara distinció entre tsunamis o tempestes (Spiske *et al.*, 2010). Els blocs mesurats es troben sobre litologies juràssiques i quaternàries. En aquest cas s'han mesurat les densitats individuals per cada àrea de mostreig, homogeneïtzant aquelles que presenten les mateixes característiques litològiques. La densitat obtinguda és de 2,56 per les calcàries del Juràssic i 1,89 per les calcarenites del Quaternari.

De cadascuna de les àrees s'han pres diferents observacions morfològiques que permeten relacionar els blocs amb l'àrea on se troben i amb els processos que han ajudat al seu arrabassament, desplaçament i deposició (Barbano *et al.*, 2010; Goto *et al.*, 2011). Conjuntament amb la cartografia geomorfològica, les modelitzacions de trajectòries de tsunamis, els perfils de l'àrea, l'anàlisi morfomètrica dels blocs i l'onatge, ens permetran contextualitzar cada una de les àrees estudiades.

Els resultats de totes aquestes observacions han estat valorades numèricament amb valors de 0 a 3 d'acord amb absència, presència i/o abundància i segons dades categoritzades en: presència de blocs aïllats (BA), presència de cordons (CO), presència de blocs recentment arrabassats (AR), presència de blocs arrodonits (RD), presència de fracturació (FR), presència de *flowouts* (FW), presència d'impactes de roques sobre plataformes litorals (IR) i presència de morfologies postdeposicionals (MP) (Taula 1).

S'ha calculat el valor del *Transport Figure (TF)* dels 59 blocs analitzats, i com es pot observar a la Fig. 3 i a la Taula 2, tan sols 17 dels blocs (el 28,8%), es situen per sobre de $TF > 1.000$, el qual i com s'ha mencionat abans, és un llindar de seguretat per poder establir els tsunamis com la seva principal font de transport.

Taula 1. Paràmetres morfològics característics de les cinc àrees analitzades: absència (0) / presència (1) / abundància (2) / o molta abundància (3) de blocs aïllats (BA), de cordons imbricats (CO), de blocs recentment arrabassats (AR), de blocs arrodonits (RD), de fracturació (FR), de flowouts (FW), d'impactes de roques sobre plataformes (IR) i de morfologies postdeposicionals (MP).

Table 1. Morphological parameters recorded in the five analysed areas: absence (0) / presence (1) / abundance (2) or high abundance (3) of isolated blocks (BA), of imbricated ridges (CO), of recently quarried blocks (AR), of rounded blocks (RD), of fractures (FR), of flowouts (FW), of rock impacts on platforms (IR), and post-depositional morphologies (MP).

| Àrea | BA | CO | AR | RD | FR | FW | IR | MP |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Betlem | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| Aubarca | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Mitjana | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Mesquida | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Gat | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |

Les 5 àrees analitzades presenten valors mitjans de TF de 763, pels 59 blocs, i les seves mesures mitjanes dels eixos A, B i C són de 2,96 x 2,3 x 0,84 m, amb un pes mitjà de 8,36 T. Estan situats a una alçada mitjana de 6 m s.n.m. i a una distància mitjana de 19,79 m de la cornisa del penya-segat. Els blocs amb TF>1.000 presenten

una mitjana dels valors de TF de 1.358, amb dimensions mitjanes dels eixos A, B i C de 2,75 x 2,14 x 0,92 m, amb un pes mitjà de 7,13 T, situats a una alçada mitjana de 8,38 m s.n.m. i a una distància mitjana de 29 m de la cornisa del penya-segat (Fig. 3 i Taula 2). És a dir, són lleugerament més

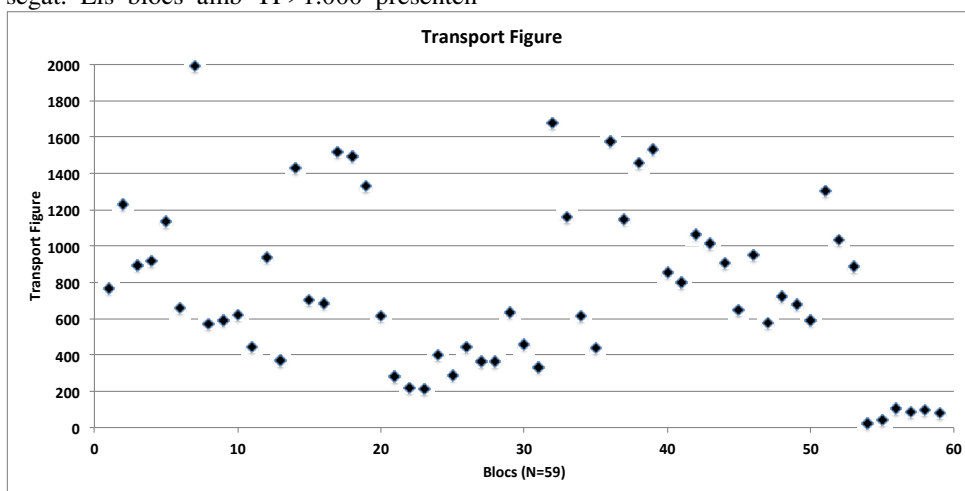


Fig. 3. Transport Figure (Scheffers and Kelletat, 2003) dels 59 blocs analitzats a les cinc àrees d'estudi.

Fig. 3. Transport Figure (Scheffers and Kelletat, 2003) of the 59 blocks measured in the five study areas.

Taula 2. Valors mitjans obtinguts per a cada àrea d'estudi. Valors mitjans per els 59 blocs (N59) i pels blocs superiors a TF>1000 (N17). A, B i C dimensions mitjanes en metres dels eixos llarg (A), mig (B) i curt (C). DIR.: direcció mitjana en graus (0° a 360°). DIS.: distància mitjana en metres a la vora del penya-segat. ALÇ.: alçària mitjana en metres sobre el nivell de la mar. Pes: Pes mitjà en tones mètriques. TF: *Transport Figure*.

Table 2. Mean values obtained for each study area. Mean values for the 59 blocks (N59) and the blocks with TF > 1000 (N17). A, B and C are the averages of the dimensions of the blocks, in metres, for the long axis (A), intermediate (B) and short (C). DIR.: average direction of the dip of the blocks in degrees (0 degrees to 360 degrees). DIS.: average distance in meters from the block to the edge of the cliff. ALC: average height of the blocks in meters above the sea level. Pes: Average weight in metric tons. TF: *Transport Figure*.

| | A | B | C | DIR. | DIS. | ALÇ. | Pes | TF |
|----------|------|------|------|--------|-------|-------|-------|------|
| N59 | 2,96 | 2,30 | 0,84 | 112,3 | 19,79 | 6,00 | 7,22 | 763 |
| N17 | 2,75 | 2,14 | 0,92 | 71,11 | 29,00 | 8,38 | 7,13 | 1358 |
| Aubarca | 3,11 | 2,82 | 1,13 | 142,33 | 20,25 | 5,00 | 11,87 | 1104 |
| Mitjana | 2,85 | 2,27 | 0,96 | 54,0 | 32,00 | 7,50 | 7,57 | 1453 |
| Mesquida | 3,08 | 2,11 | 0,68 | 26,3 | 36,75 | 8,00 | 4,95 | 1443 |
| Cala Gat | 2,18 | 1,52 | 1,00 | | 28,17 | 11,33 | 5,19 | 1425 |

petits, es troben a una alçària similar però molt més terra endins (un 50% més).

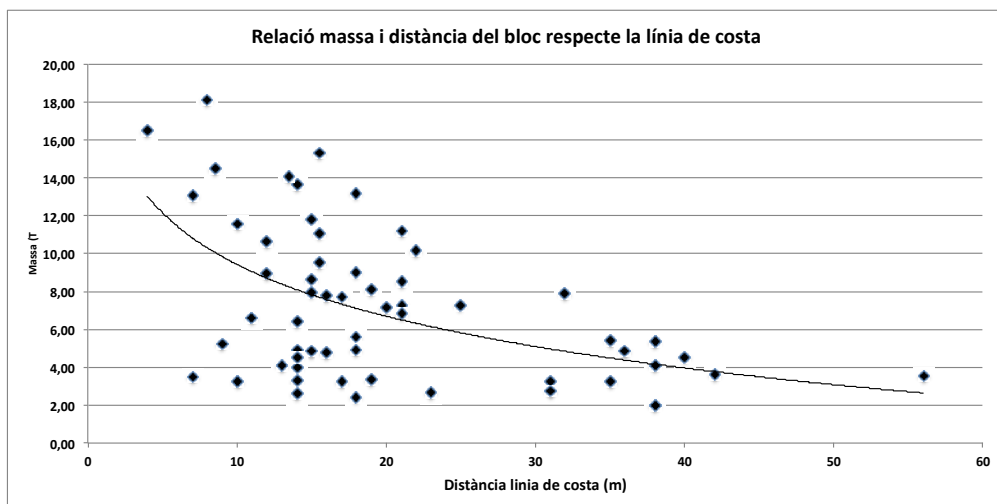
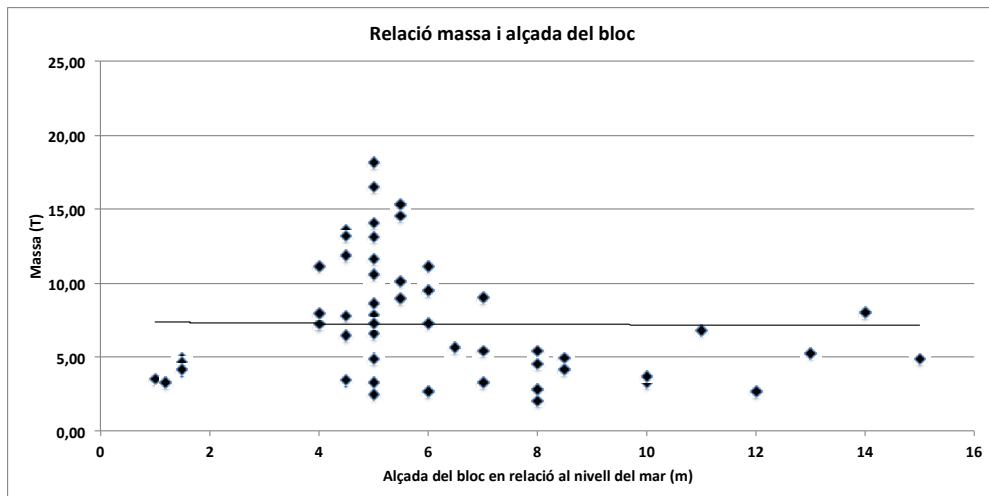
A la Fig. 4 a i b es representa la distribució dels 59 blocs en funció del seu *Transport Figure*. Observem a la Fig. 4a, que la major concentració de blocs se situa en tres franges d'alçades dominants, una entre el metre d'alçada, corresponent a Betlem, una segona entre els 4,5 i 5 m corresponents als blocs d'Aubarca i una tercera agrupació, corresponentment a Cala Gat, es situa sobre el 8 m s.n.m. Els blocs de Cala Mitjana i Cala Mesquida es distribueixen a alçades entre els 4,5 i 8 m s.n.m. Pel que fa a la distància dels blocs amb respecte la línia de costa (Fig. 4b), podem observar dues agrupacions dominants: una entre els 14 i 20 m de distància, amb pesos mitjans de 7,5 T i un altre, corresponent a Cala Mesquida, que presenta una distribució de distàncies compreses entre els 30 i 40 m depositats sobre plataformes de dunes fòssils.

Una vegada calculat el *Transport Figure* per cada àrea, els seus valors

mitjans i els màxims, el resultat és que a l'àrea de Betlem els blocs no assoleixen el TF 100. Per tant, malgrat la seva forma i disposició (Fig. 1, Fig. 2A), aquests blocs correspondrien a blocs de tempesta segons els valors de TF. Es tracta d'una àrea associada a un perfil baix i força planer on, no obstant, el grau d'arrodoniment dels blocs és escàs. La morfometria de l'àrea i la tipologia del perfil ens indica que es tracta de zones on hi actuen processos de tempesta, amb possibles retreballaments de blocs, tot i que presenten imbricacions que podrien indicar també una disposició associada a forts fluxos hídrics de caràcter tsunamític (Scheffers i Kinis, 2014; Roig Munar *et al.*, 2015) o bé a fluxos de mar vella. Als 59 blocs, se'ls ha aplicat les equacions de Nott (2003b) i Engel i May (2012), per a tal d'obtenir els valors d'altura d'onatge (Hs) i de tsunami (Ht) necessària per al seu desplaçament sota tres supòsits (Taula 3):

Fig. 4. Distribució dels blocs segons el *Transport Figure* (TF) en funció de la seva alçada sobre el nivell del mar (a) i de la distància a la costa en funció del seu pes (b).

Fig. 4. Distribution of blocks a) *Transport Figure* (TF) versus their height above sea level and b) the distance from the coast versus their weight (b).



Taula 3. Valors mitjans de la columna d'aigua necessària sota diferents supòsits de desplaçaments de blocs (submergit, subaeri i arrabassament) amb les equacions de Nott (2003) i Engel i May (2012) per tempestes (s) i per tsunamis (t). L'altura mitjana del penya-segat s'ha afegit als resultats de les diverses equacions.

Table 3. Mean values of the water column needed under different displacement assumptions: submerged, subaerial and join bounded blocks according to the Nott (2003) and Engel and May (2012) equations for storms (s) and tsunamis (t). Average height of the cliff is added to the equation results.

| N59 | | | | | | Altura mitja del penyasegat | | 3,25 | |
|-----------|-------|-----------|-------|---------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------|------|
| Nott | | Nott | | Nott | | Engel | | Engel subaerial | |
| Submerged | | Subaerial | | Arrabassament | | Arrabassament | | Engel subaerial | |
| Ht | Hs | Ht | Hs | Ht | Hs | Ht | Hs | Ht | Hs |
| 4,55 | 8,46 | 4,32 | 7,56 | 7,06 | 18,49 | 4,79 | 9,44 | 3,70 | 5,06 |
| N17 | | | | | | Altura mitja del penyasegat | | 6,79 | |
| Nott | | Nott | | Nott | | Engel | | Engel subaerial | |
| Submerged | | Subaerial | | Arrabassament | | Arrabassament | | Engel subaerial | |
| Ht | Hs | Ht | Hs | Ht | Hs | Ht | Hs | Ht | Hs |
| 7,88 | 11,36 | 7,72 | 11,28 | 10,80 | 22,83 | 8,69 | 14,36 | 7,24 | 8,58 |

1. Blocs submergits,
2. Blocs subaeris i
3. Blocs delimitats per juntes.

Als resultats se l'hi ha afegit l'altura del penya-segat mesurada a la seva cornisa per tal d'obtenir les columnes d'aigua pel desplaçament de cada bloc sota els dos supòsits més freqüents: moviment subaeri o arrabassament i trasllat també subaeri.

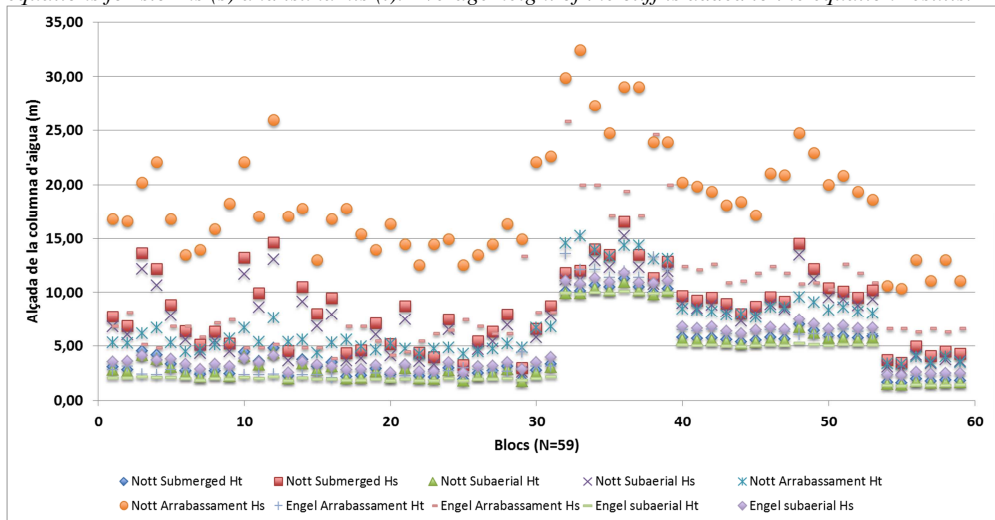
Per a l'anàlisi de tots els blocs (59), l'aplicació d'aquestes formules per blocs subaeris per tempestes (Hs), la mitjana de la columna d'aigua seria de 7,56 i 5,06 m segons Nott (2003) i Engel i May (2012) respectivament. En el cas de tsunamis (Ht), també per blocs subaeris, els valors serien de 4,32 i 3,70 m segons els mateixos autors. Quan es calculen els valors considerant que es tracta de blocs limitats per juntes, el seu arrabassament requereix onades que segons Nott (2003) i Engel i May (2012) arriben a 18,49 i 9,44 m respectivament, en el cas de tempestes i a 7,06 i 4,79 m en el supòsit de tsunamis.

A l'aplicar les equacions als blocs amb $TF > 1.000$ (17) les columnes d'aigua

necessària augmenten sensiblement. Així, pels blocs subaeris de tempestes (Hs), la mitjana de la columna d'aigua seria de 11,28 i 8,58 m, segons Nott (2003) i Engel i May (2012) respectivament. En el cas de tsunamis (Ht) els valors serien de 7,72 i 7,24 m respectivament. Els valors estimats per l'arrabassament de blocs limitats per juntes, en cas de tempestes i tsunamis per a blocs amb $TF > 1.000$, son encara majors. Així, en el cas de tempestes (Hs) els valors mitjans de la columna d'aigua són de 22,83 m i 14,36 m, per a Nott (2003) i Engel i May (2012) respectivament i de 10,80 i 8,69 m en el cas de les columnes d'aigua per tsunamis (Taula 3). Els resultats de l'alçada de l'ona en uns casos poden presentar diferències d'ordre centimètric, i en altres presentar diferències d'ordre mètric en funció de l'equació aplicada, diferències entre les dues equacions sense trobar-hi una relació entre el pes, alçada i distància (Burgès i MacInnes, 2010; Goto *et al.*, 2010). Les màximes utilitzades es produeixen en les estimacions de les ones de tempestes per a blocs limitats per juntes.

Fig. 5. Columnes d'aigües necessàries per a cada bloc mesurat per al seu desplaçament sota diferents supòsits (submergit, subaeri i arrabassament) segons les equacions de Nott (2003) i Engel i May (2012) per tempestes (s) i tsunamis (t). L'alçària mitjana del penya-segat s'ha afegit als resultat de les equacions.

Fig. 5. Water columns needed for each measured block under different displacement assumptions: submerged, subaerial and join bounded according to the Nott (2003) and Engel and May (2012) equations for storms (s) and tsunamis (t). Average height of the cliff is added to the equation results.



La Fig. 5 representa les columnes d'aigua necessàries pel desplaçament d'aquests blocs sota diferents supòsits. Els valors d'altura d'ona per a blocs arrabassats per tempesta, entre 15 i 20 m, ja ens informen que difícilment s'han donat tempestes amb columnes d'aigua d'aquestes magnituds que puguin afectar als blocs pel seu arrabassament, especialment a aquells amb valors de TF elevats (Fig. 2). No obstant, l'orientació dels blocs (Fig. 1) es troba molt propera als fluxos dels onatges de major freqüència i intensitat, que en aquest sector NE de Mallorca és del NNE. En efecte, l'orientació dominant dels blocs, mostra direccions procedents del NNE a Cala Mesquida, Cala Mitjana i Aubarca i del NW a Betlem (Fig. 1).

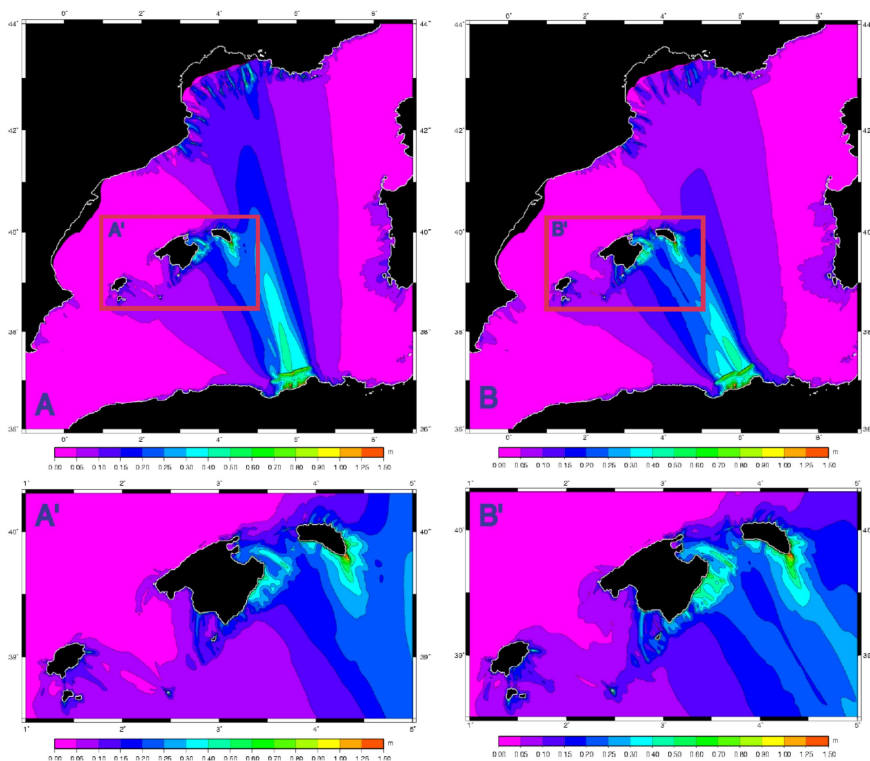
Per contra, les orientacions dominants dels blocs amb $TF > 1000$, és de 112° i de

71° direccions allunyades de les de l'onatge de tempesta dominant. A més, les columnes d'aigua necessàries pel seu desplaçament (Figs. 2 i 5), indiquen la necessitat de fluxos de major intensitat i competència que els que se'n deriven de les ones de tempesta.

Donat la presència, mida, disposició i orientació d'aquests blocs, podem de concloure, es troben associats a les orientacions de les trajectòries de tsunamis dels models S-6 i S-8 definides per Álvarez *et al.* (2011). Posteriorment en diverses àrees, especialment en les afavorides per uns perfils baixos com ara Betlem, Mitjana i Mesquida, són retreballats per tempestes.

L'orientació mitjana de tots els blocs podria indicar l'afectació de la costa per trajectòries tsunamítiques refractades al canal de Menorca pel seu impacte a la costa E de Mallorca i al S de Menorca (Roger i

Fig. 6. Modelització de las trajectòries de tsunamis des del Nord d'Àfrica per Roger i Hebert (2008).
Fig. 6. Modeling of the trajectories of tsunamis from the North Africa from Roger Hebert (2008).



Hébert, 2008), orientacions compatibles amb les simulacions realitzades per Álvarez-Gómez *et al.* (2010; 2011). De les 5 àrees analitzades, destaca Cala Gat, que presenta vuit blocs ubicats sobre penya-segats d'alçades superiors a l'altura màxima de l'onatge fins ara registrat i on el 100% dels blocs presenten valors de $TF > 1.000$.

Conclusions

A la costa NE de Mallorca es localitzen blocs de tempestes i/o tsunamis a cinc àrees (Fig. 1) que donen resposta a la hipòtesis de

propagació de tsunamis Roger i Hebert (2008). Aquests autors assenyalaven la presència de dipòsits de tsunamis a la Mediterrània occidental, amb especial atenció a les Illes Balears. A més, es correlacionen amb les modelitzacions de tsunamis realitzades tant pels autors anteriors (Fig. 6), com per Álvarez-Gómez *et al.* (2010; 2011) i per Periañez i Abril (2013).

L'aplicació de l'equació del *Transport Figure* (Scheffers i Kellat, 2003), permet, destriar blocs associats a diferents fluxos, tsunami i/o tempesta. No obstant això, és imprescindible analitzar cadascuna de les àrees i relacionar els processos actuals

(marques, onatges, morfologia de blocs, etc.), amb morfologies costaneres (terrasses, *flowouts*, etc.) per poder determinar clarament el seu origen. El sector NE de Mallorca es presenta com un sector mixt de tempesta i tsunami, on molts dels blocs i de les plataformes mostren símptomes de retreballament per onades. Les orientacions dels blocs de $TF < 1.000$ denoten la influència de l'onatge incident, mentre que les orientacions dels blocs amb $TF > 1.000$ són concordants amb les trajectòries dels tsunamis procedents de la costa d'Algèria.

L'aplicació de les equacions de Nott (2003b) i Engel i May (2012) permeten definir les columnes d'aigua necessàries per arrabassar i moure els blocs. En concret les altures mitjanes per tempestes sobre els blocs amb $TF > 1.000$, entre 15 i 20 m, descarten el seu origen per aquests fenòmens i juntament amb les altres característiques, obliga a considerar-los fruit de les ones de tsunamis.

L'anàlisi de les distintes àrees ens permet diferenciar les que presenten un origen tsunamític sense retreballament per tempestes (Cala Gat), de les que tenen un origen mixt amb perfils litorals baixos com ara Betlem, Mitjana i Mesquida. En el cas d'Aubarca, definir el grau de retreballament per tempestes és més complicat, tot i que és segur l'origen per tsunamis de una part dels seus blocs.

Referències

- Álvarez-Gómez, J. A., Olabarrieta, M., González, M., Otero, L., Carreño, E., Martínez-Solares, J. M. 2010. The impact of tsunamis on the Island of Majorca induced by North Algerian seismic sources. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19: 367-383.
- Álvarez-Gómez, J. A., Aniel-Quiroga, I., González, M., Otero, L. 2011. Tsunami hazard at the Western Mediterranean Spanish coast from seismic sources. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11: 227-240.
- Balaguer, P. 2006. *Tipus i evolució de les costes rocoses de Mallorca*. Tesi doctoral, inèdita. Departament de Ciències de la terra, Universitat de les Illes Balears 287 pp.
- Balaguer, P. 2012. Implicaciones de la Geomorfología en las Iniciativas de Gestión Integrada de la Zona Costera. In: Rodríguez-Perea, A., Pons, G. X., Roig-Munar, F. X., Martín-Prieto, J. A., Mir-Gual, M. i Cabrera, J. A. (Eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19; 402 pp.
- Barbano, M. S., Pirrotta, C. i Gerardi, F. 2010. Large boulders along the south-eastern Ionian coast of Sicily: Storm or tsunami deposits? *Marine Geology*, 275: 140-154.
- Bartel, P. i Kelletat, D. 2003. Erster Nachweis holozäner Tsunamis im Westlichen Mittelmeergebiet (Mallorca, Spanien) mit einem Vergleich von Tsunami und Sturmwellenwirkung auf Festgesteinsküsten. *Ber. Forsch. Technol.-Center, Kiel* Büsum 28: 93-107.
- Biolchi, S., Furlani, S., Antonioli, F., Baldassini, N., Causon Deguara, J., Devoto, S., Di Stefano, A., Evans, J., Gambin, T., Gauci, R., Mastronuzzi, G., Monaco, C., i Scicchitano, G. 2015. Boulder accumulations related to extreme wave events on the eastern coast of Malta. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 5977-6019.
- Bishop, P. i Hughes, M. 1989. Imbricate and fitted fabrics in coastal boulder deposits on the Australian east coast. *Geology* 17: 544-547.
- Cañelles, B. 2010. *Long-term extreme wave height events in the Balearic Sea: characterization, variability and prediction*. Tesi doctoral, Universitat de les Illes Balears 71 pp.
- Cuerda, J., Vicens, D. i Gracia, F. 1991. Malacofauna y estratigrafía del Pleistoceno Superior marino de Son Real (Santa Margalida, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 34: 99-108.

- Engel, M. i May, S. M. 2012. Bonaire's boulder fields revisited: Evidence for Holocene tsunami impact on the Lee-ward Antilles. *Quaternary Science Reviews*, 54: 126-141.
- Fontseré, E. 1918. Notas sueltas de sismología Balear. *Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales*, Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona, 5-12.
- Gómez-Pujol, L., Balaguer, P. i Fornós, J.J. 2007. El litoral de Mallorca: Síntesis Geomórfica. A: Fornós, J.J., Ginés, J. i Gómez-Pujol L. (Eds.) *Geomorfología Litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 39-60.
- Goto, K., Miyagi, K., Kawamata, H. i Imamura, F. 2010. Discrimination of boulders deposited by tsunamis and storm waves at Ishigaki Island, Japan. *Marine Geology*, 269: 34-45.
- Goto K., Miyagi, K., Kawana, T., Takahashi, J. i Imamura, F. 2011. Emplacement and movement of boulders by known storm waves — field evidence from the Okinawa Islands, Japan. *Marine Geology* 283: 66-78.
- Hall, A. M. 2011. Storm wave currents, boulder movement and shore platform development: a case study from East Lothian, Scotland. *Marine Geology*, 283: 98-105.
- <http://cedai.imedeua.uib-csic.es> *Projecte Life Posidonia a escala 1:5.000*
- <http://www.costabalearsostenible.com>
- <http://www.ideib.caib.es>, *Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB)*
- Jansà, A. 2013. Los ciclones mediterráneos y sus impactos en España. A: García-Legaz, C. i Valero, F. (Eds) *Fenómenos meteorológicos adversos en España*. AMV Ediciones, Madrid, 1:17-33.
- Keating, B. H. i McGuire, W. J. 2000. Island edifice failures and associated hazards. *Pure Appl. Geophys. (Special Issue: Landslide and Tsunamis)* 157: 899-955.
- Kelletat, D., Whelan, F., Bartel, P. i Scheffers, A. 2005. New Tsunami evidences in Southern Spain Cabo de Trafalgar and Mallorca Island. In: Sanjaume E. i Matheu, J. F. (Eds.). *Geomorfologia Litoral i Quarternari*, Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger. Universitat de València, Spain, 215-222.
- Kelletat D. i Schellmann, G. 2002. Tsunami in Cyprus field evidences and 14C dating results. *Zeitschrift für Geomorphologie*, NF, Supplement band, 46 (1): 19-34.
- Maouche, S., Morhange, C. i Meghraoui, M. 2009. Large Boulder accumulation on the Algerian coast evidence tsunami events in the western Mediterranean. *Marine Geology*, 262: 96-104.
- Mastronuzzi G., Pignatelli, C. i Sanso, P. 2006. Boulder Fields: A Valuable Morphological Indicator of Paleotsunami in the Mediterranean Sea. *Zeitschrift für Geomorphologie*, NF Suppl.- Bd., 146: 173-194.
- Mastronuzzi i G. i Sanso, P. 2000. Boulders transport by catastrophic waves along the Ionian coast of Apulia (Southern Italy). *Marine Geology*, 170: 93-103.
- Mottershead, D.; Bray, M.; Soar, P.; Farres, P. J. 2014. Extreme wave events in the central Mediterranean: Geomorphic evidence of tsunami on the Maltese Islands. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58 (3): 385-411.
- Mottershead, D.N. , Bray, M. J., Soar, P. J. i Farres, P.J. 2015. Characterisation of erosional features associated with tsunami terrains on rocky coasts of the Maltese islands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40, 15, 2093-2111.
- May S. M., Willershauser, T. i Vött, A. 2010. Boulder transport by high-energy wave events at Cap Bon (NE Tunisia). In: Schwarzer, K., Schrottko, K. i Stattegger, K. (Eds.). *From Brazil to Thailand – New Results in Coastal Research. Coastline Reports*, 16: 1-10.
- Nandasena N. A. K., Paris, R. i Tanaka, N. 2011. Reassessment of hydrodynamic equations to initiate boulder transport by high energy events (storms, tsunamis). *Marine Geology*, 281:70-84.
- Nott, J. 2003. Tsunami or storm waves? Determining the origin of a spectacular field of wave emplaced boulders using numerical storm surge and wave models and hydrodynamic transport equations. *Journal of Coastal Research*, 19: 348-356.

- Paris R., Wassmer, P., Sartohadi, J., Lavigne, F., Bartheleuf, B., Desgages, E., Grancher, D., Baumert, P., Vautier, F., Brunstein, D. i Gómez, C. 2009. Tsunamis as geomorphic crises: lessons from the December 26, 2004 tsunami in Lhok Nga, West Banda Aceh (Sumatra, Indonesia). *Geomorphology*, 104: 59-72.
- Paris, R., Fournier, J., Poizot, E., Etienne, S., Morin, J., Lavigne, F. i Wassmer, P. 2010. Boulder and fine sediment transport and deposition by the 2004 tsunami in Lhok Nga (western Banda Aceh, Sumatra, Indonesia): a coupled offshore onshore model. *Marine Geology*, 268, 43-54.
- Paris, R., Naylor, L. i Stephenson, W. 2011. Boulders as a signature of storms on rock coasts. *Marine Geology*, 283: 1-11.
- Periáñez R. i Abril, J. M. 2013. Modeling tsunami propagation in the Iberia–Africa plate boundary: Historical events, regional exposure and the case-study of the former Gulf of Tartessos. *Journal of Marine Systems*, 111-112: 223-234.
- Pignatelli C., Sanso, P. i Mastronuzzi, G. 2009. Evaluation of tsunami flooding using geomorphologic evidence. *Marine Geology*, 260: 6-18.
- Pignatelli C., Ferilli, S., Capolongo, D., Marsico, A., Milella, M., Pennetta, L., Piscitelli, A. i Mastronuzzi, G. 2010. Morphological evidences and computer science techniques in order to evaluate tsunami inundation limit. *Rivista Italiana di Telerilevamento*, 42: 129-142.
- Puertos del Estado* (www.puertos.es)
- Roger J. i Hébert, H. 2008. The 1856 Djiilli (Algeria) earthquake and tsunami source parameters and implications for tsunami hazard in the Balearic Islands. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8: 721-731.
- Roig-Munar, F.X. 2016. *Blocs de tempesta i tsunamis a les costes rocoses de les Illes Balears. Anàlisi geomorfològica i morfomètrica*. Tesi de doctoral. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. 232 pp.
- Roig-Munar F. X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A., Vilaplana, J. M., Gelabert, B., Pons, G. X. i Mir-Gual, M. 2014. Morfometría de bloques de tsunami en las costas rocosas del sur de Mallorca (I. Baleares). In: Álvarez-Gómez, J. A. y Martín-González, F. (Eds.). *Una aproximación multidisciplinar al estudio de las fallas activas, los terremotos y el riesgo sísmico*, pp.109-102. Segunda Reunión Ibérica sobre fallas activas y paleosismología, Lorca (Murcia, España).
- Roig-Munar F. X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A., Vilaplana, J. M. i Gelabert, B. 2015. Morfometría de bloques de tsunami en las costas rocosas del Este de Mallorca (Islas Baleares). In: Málvarez, G. et al. (Eds.), VIII Jornadas de Geomorfología litoral, *Revista Geo-Temas*, 15: 229-232.
- Scheffers, A. 2004. Tsunami imprints on the Leeward Netherlands Antilles (Aruba, Curacao and Bonaire) and their relation to other coastal problems. *Quat. Int.*, 120: 163-172.
- Scheffers A., Kelletat, D. i Browne, T. 2008. Wave-emplaced coarse debris and megaclasts in Ireland and Scotland: a contribution to the question of boulder transport in the littoral environment, *GIS Coast Research Publication*, 6: 151-153.
- Shefers A. i Kelletat, D. 2003. Sedimentologic and geomorphic tsunami imprints worldwide - a review. *Earth-Science Review*, 63: 83-92.
- Scheffers A. M. i Kinis, S. 2014. Stable imbrication and delicate/unstable settings in coastal boulder deposits: Indicators for tsunami dislocation?. *Quaternary International*, 332: 73-84.
- Scheffers A. i Scheffers, S. 2006. Documentation of Hurricane Ivan on the Coastline of Bonaire. *Journal of Coastal Research*, 22: 1437-1450.
- Scheffers, A. i Scheffers, S. R. 2007. Tsunami deposits on the coastline of West Crete (Greece). *Earth and Planetary Science Letters*, 259 (3-4): 613-624.
- Scicchitano G., Monaco, C. i Tortorici, L. 2007. Large Boulder deposits by tsunami along the Ionian coast of south-eastern Sicily (Italy). *Marine Geology*, 238: 75-91.
- Silva P. i Rodríguez Pascua, J. 2014. *Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos*

en España. Instituto Geológico y Minero de España, 358 pp.

- Suañez S., Fichaut, B. i Magne, R. 2009. Cliff-top storm deposits on Banneg Island, Brittany, France: Effects of giant waves in the Eastern Atlantic Ocean. *Sedimentary Geology*, 220: 12-28.
- Vött A., May, M., Brückner, H. i Brockmüller, S. 2006. Sedimentary evidence of late Holocene tsunami events near Lefkada Island (NW Greece). *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F. Suppl., 146: 139-172.
- Wang X. i Liu, P. L. F. 2005. A numerical investigation of Boumerdes-Zemmouri (Algeria) earthquake and tsunami. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 10: 171-183.

Notícies històriques sobre el comerç de les plomes a les Illes Balears entre els segles XIV-XVI

Ramon ROSSELLÓ i Jaume BOVER

SHNB



SOCIETAT
D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES
BALEARIS

Rosselló, R. i Bover, J. 2016. Notícies històriques sobre el comerç de les plomes a les Illes Balears entre els segles XIV-XVI. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 89-103. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

A les Balears hi ha notes històriques disperses sobre el comerç de les plomes a Mallorca als s. XIV-XVI. En aquest article es donen a conèixer dades sobre plomes utilitàries i decoratives de Mallorca.

Paraules clau: *plomes, comerç, Mallorca S. XIV-XVI.*

NEWS ON HISTORICAL TRADING DOWN TO THE FEATHERS IN THE BALEARIC ISLANDS S. XIX-XVI. In the Balearic Islands there are historical notes scattered about the commerce of feathers in Mallorca in the s. XIV-XVI. This article announces data on utility and decorative pens in Mallorca.

Keywords: *feathers, commerce, Mallorca S. XIV-XVI.*

Ramon ROSSELLÓ, *Caritat, 14. 07200 Felanitx, Balears*; Jaume BOVER, *Can Joan Gran, 7. 07159 s'Arracó, Balears, beniaurelia@outlook.es*

Recepció del manuscrit: 10-oct-16; revisió acceptada: 30-des-16.

Introducció

¿De qué serveix pintar les cambres, enriquir les vares per a les cortines, revestir amb teles el vestíbul, cobrir el trispol, compondre un llit farcit de plomes, recobert de sedes, cobert amb cortines o amb un mosquiter?

Doncs està escrit: “Quan es mori no s’endurà res, no el seguiran les seves riqueses”. [Salm 48, 18].

Cardenal Giovanni Lotari di Segni, després Innocenci III, papa (1160-1216): *De miseria humane conditionis, Liber secundus. XL: De ornatu persone et mense et domus.* Escrit el 1195.

Les plomes han estat objecte d’atenció dels homes des d’antic i en cultures diverses.

L’absència de residus de plomes a les excavacions és degut a la descomposició de gran part de la matèria orgànica. La troballa de restes és excepcional. En canvi la documentació escrita o gràfica és més abundant.

Mallorca com a lloc de producció de plomes

Malgrat les notícies sobre la producció i comerç de les plomes a Mallorca, sien escasses es poden reconstruir aproximadament les seves característiques i abast.

Els productes principals de les albuferes i zones humides, eren la pesca i la caça d’ocells aquàtics comestibles, a més de les plomes i ous per a consum humà, i com a subproductes, els joncs, les canyes i la llenya.

Aquestes zones humides eren el lloc d'aprovisionament dels recol·lectors de plomes. Era una feina regulada i remunerada per contracte entre el propietari de l'albufera i el recolector. Solament els cercadors autoritzats podien accedir als llocs de producció. El robatori de plomes i ous de les zones humides per recolectors furtius, estava interdit, i per tant periòdicament es feien bans i crides per recordar-ho.

Les plomes es comptaven de dues formes: dues ales, 30 plomes; una coa, 12 plomes, o bé es comptaven per centenars, i a Mallorca, a més a més, per milers (Delort, 1970).

Malgrat les notícies sobre la producció i comerç de les plomes a Mallorca, sien escasses es poden reconstruir aproximadament les seves característiques i abast.

Algunes notícies sobre les plomes i el seu comerç

1364, 29 febrer

Urgint sien satisfetes les quantitats degudes al rector o a l'església d'Inca per primícies, sepultures, ploma, i altres drets (Arxiu del Regne de Mallorca AH f. 41).

1550, 27 maig

Gabriel Guixar, de sa Pobla acull Antoni Carbonell, de Muro «*la ploma de la Albufera*», que cultiven i recullen a mitges, des de Son Mieres al Cap de les Oques, és a dir, als llocs a on la barca no pot entrar, amb la condició que aquest no donarà ni vendrà a ningú les plomes, sinó que serà venuda al comprador Antoni Amer. La senyora de l'Albufera ja les ha venudes a raó de 40 sous el miler (Arxiu del Regne de Mallorca. Notari Joan Morro, M-529, f. 42v).

1561, 6 juny

Jeroni Castell i Moià, avui senyor de l'albufera, recorda que els arrendadors hagin de tenir xàrcia de caçar ocells, i ultra la renda hagin de donar cada any certs ocells i plomes, ara resulta que molts particulars entren a l'albufera i prenen plomes i pesquen peixos (Rosselló, 1999).

1569, 26 abril

Es mana als batles de Muro, Alcúdia i sa Pobla que facin crida pública que ningú gosi prendre ous d'ocells, plomes ni altra cosa de l'albufera, ni entrar-hi amb bestiar (Rosselló, 1999).

1569

Es prohibeix el pasturatge del bestiar i del robatori de plomes d'ocell dins l'Albufera (Deyà *et al.*, 1999).

1569

Aquests anys es prohibeix robar ous i plomes a l'Albufera, amb elles es feia gran comerç (Deyà *et al.*, 1999).

1576

Es prohibeix el pasturatge del bestiar i del robatori de plomes d'ocell dins l'Albufera (Deyà *et al.*, 1999).

1576, 11 setembre

Es comunica als batles d'Alcúdia, Muro i sa Pobla que han de fer crida pública manant que ningú gosi entrar dins l'albufera per prendre ous d'ocells, plomes, n'hi possar-hi bestiar (Rosselló, 1999).

1591, 21 juny

Es comunica als batles d'Alcúdia, Muro i sa Pobla que han de fer crida pública manant que ningú gosi entrar dins l'albufera per prendre ous d'ocells, plomes, n'hi possar-hi bestiar (Rosselló, 1999).

1591

Aquests anys es prohibeix robar ous i plomes a l'Albufera, amb elles es feia gran comerç (Deyà *et al.*, 1999).

1591

Es prohibeix el pasturatge del bestiar i del robatori de plomes d'ocell dins l'Albufera (Deyà *et al.*, 1999).

1608, 11 febrer

Inventari post mortem dels béns de Miquel Arnau, de les cases i celler de Sineu.

S'hi trobà un covo ple de plomes a les cambres (Rosselló, 2002).

Les plomes utilitàries

Les utilitats de les plomes eren diverses segons la seva qualitat, grossària, color, mida, consistència, procedència (ala, coa, coll, galtes, etc.) i de l'espècie d'aucell.

Plomes per a escriure

Les millors plomes per escriure eren les d'oca (*Anser anser*). Querol (2003) dóna la següent definició: «Ploma d'oca: ploma d'aquest ocell, tallada en bisell, de manera adient, utilitzada per escriure o per practicar una incisió o erosió superficial a l'ocell de caça».

Les plomes que s'empraven per a escriure eren de diferents gruixes segons les necessitats cal·ligràfiques.

Als inventaris dels béns fets *post mortem* de notaris, escrivans, missers, religiosos, metges i altres persones dedicades professionalment a l'escriptura apareixen les plomes d'oca per escriure juntament amb els tinters, areners, ganivets per aprimar-les, etc. Es tracta de plomes d'oca o de altres ocells de mida gran, procedents de les ales, preferentment de l'ala esquerra, i de producció local, caigudes durant la muda anual de les

ànneres (*Anas*), oques (*Anser anser*), indiots (*Maleagris gallopavo*), faisans (*Phasianus colchicus*), cignes *-insignes-* (*Cygnus cygnus*), corbs (*Corvus corax*), àguiles (*Aquila chrysaetos*, desapareguda a Mallorca), mussols (*Otus scops*) i òlibes (*Tyto alba*), emprades en l'escriptura amb tinta entre el segle VI i el XIX. Les plomes de becada o cega (*Scolopax rusticola*), eren molt apreciades per l'escriptura i per fer rituals màgicocuratius (Moll, 2003).

Les plomes per escriure es conservaven dins una capsca, anomenada plomer.

Plomes com utensili culinari

Un procediment molt antic per untar d'oli o matèria grassa la carn, especialment els rostits, el peix a la graella i els bolets, etc., era emprar plomes de gallina (*Gallus gallus domesticus*). El seu ús devia ser molt popular.

A la cuina medieval s'empraven les plomes de paó per presentar els plats de carn d'aquest animal, costum que ha perdurat fins els nostres dies per decorar plats de carn d'aus car la carn de paó no és del tot agradable.

S. XIV. Llibre de Sent Soví

A la recepta "*Qui parla con s'eperellen cabrits en ast ab la pell*", recomana "*e puy ab ploma de guallinas unte'l-ne altra vegada ab holi*" (Grewé, 2003).

S. XVIII. Cuina franciscana

Al receptari de cuina menorquina del segle XVIII de fra Francesc Roger hi figuren receptes a on s'empren plomes per untar: "*untaràs les perdius del batament ab dues plomes*", "*banyaràs el galldíndia ab tres plomes*", el peix "*ab tres plomes untaràs el tros d'enmig*" (Rotger, 2014).

Gall d'Índia: indiots, *Maleagris gallopavo*.

Segle XVIII. Cuina carmelitana

El receptari de cuina vegetariana dels carmelites descalços inclou unes receptes de peix a la graella, i una de bolets a la graella, els quals s'untan d'oli amb l'ajut de plomes.

Lluç a la graella: “*ab una escudella hi posaràs suc de taronja i pebre i oli, i ab una ploma lo untaràs per sobre de una part i altra*”.

Verats i llisses a la graella: “*los aniràs untant de oli ab unes plomes*”.

Calamars a la graella: “*ab unes plomes los untaràs de oli, tarinxa i pebre*”.

Rovellons a la graella: «*los untaràs de oli ab unes plomes*».

(Francesc del Santíssim Sagrament 2004: 204, 229, 233, 238).

Segle XVIII. Cuina agustina

Fra Jaume Martí i Oliver, frare agustí i cuiner, utilitza les plomes en la pastisseria: per al vernís de pasteló l'untarà «*ab una ploma*», amb ous, suc de llimona i sucre (Martí, 1989).

1382, 3 gener

Un cas curiós d'utilització de les plomes de gallina. Les plomes de gallina fresques foren l'indici d'un robatori fet per captius residents a Binissalem.

Declararen que havien sopat d'arròs i botifarra, manco un, que com era sarraí havia menjat sardines salades. Davall la màrfega s'hi trobàren “*lanes pelades fresques, e atropar plomes de galines e ventrei de galines e molt ossos de bestiar de lana*”(Canals, 1989).

Màrfega: tela farcida de palla. De l'andalusí almarfaca (Corriente, 1999).

Plomes per a ventalls

A Mallorca des del segle XIII s'empraven les plomes de paó (*Pavo cristatus*) per fer ventalls. El paó o pago

formava part de l'avifauna salvatge i domèstica. Com animal comestible, figura als receptoris medievals com el *Llibre de Sent Soví*.

Des del segle XIII ja s'empraven les plomes de paó per fer ventalls.

1367

A un inventari d'aquest any hi consta “un ventayl de plomes” (Alcover i Moll, 1993).

1505, 9 setembre

Inventari dels béns de Jaume Riudavets. Dins una caixa d'àlber s'hi troba «*Primo un ventall petit de ploma de pago*» (Rosselló 1998).

Àlber: arbre de fusta blanca, *Populus alba*.

Plomes per a plomalls (eina)

Els plomalls són una eina emprada en la neteja domèstica composta d'un feix de plomes lligades que serveix per a espolsar, emprats des de temps antic. Actualment es fan de fibres sintètiques.

Plomes per a plomalls (indumentària)

A la Mallorca tradicional no s'empraven plomes en el bradat, en canvi es recollien i es comercialitzava per a l'exportació.

Agró (*Egretta, Ardea*)

Les plomes més apreciades per a la decoració de capells i per a l'exportació, eren les d'agró blanc (*Egretta garcetta*) i agró blanc gros (*Egretta alba*). Els agrons tenen unes plomes blanques, llargues i fines al clotell i al dors, molt apreciades i cercades per a l'ornamentació de xapells. Han estat caçades des del segle XVI a l'Albufera de Mallorca (Mas, 1999a; 1999b).

Voltor (*Aegyptius monachus*)

1415, 15 setembre

Fra Santapau, de Pollença, compra 40 plomes de voltor, tal vegada per ser utilitzades en el ball de les Àguiles (Mayol Llompart, 2008).

Plomes de flamencs

Les plomes de flamencs dels estanys de Formentera eren propietat de l'arquebisbe de Tarragona per dret de conquesta.

Plomes d'ocells no identificades
1414

A un inventari consta «un cofre ple dels plomalls per als tornejadors» (Alcover i Moll, 1993).

Altres plomes s'empren especialment per a les desfresses i per a la confecció de boàs.

Boà: peça llarguera de pèl o de plomes, que les dones duen embolicada pel coll per abrigar-se.

Les plomes en la falconeria

El manteniment del plomatge dels ocells de presa vius, en perfecte estat era una de les funcions cabdals del falconer.

Empelts de ploma

Les plomes de falcó (*Falco*) i altres ocells de presa caigudes durant la muda eren recollides amb molta cura perquè servien per fer empelts quan un falcó se li rompia una determinada ploma. L'empelt de plomes és una tècnica que es troba força documentada. Cada tipus de ploma dels ocells de presa tenia un nom determinat. El comerç de plomes de falcó procedents de la muda era molt rendible (Rosselló i Bover 2003).

Els manuals medievals de falconeria expliquen amb il·lustracions la tècnica de l'empelt, com és el cas de Pedro López de Ayala (1332-1407), autor del *Libro de la caza de aves*, escrit el 1386 a on explica en

tot detall la tècnica «de cómo se deben injerir las plumas quebradas» (López, 1993).

L'autòpsia

Quan moria un ocell, apreciat pel rei, especialment si es sospitava d'una mort intencionada, normament un ocell exòtic o un ocell de presa, se li feia l'autòpsia per esbrinar les causes. I així s'enviaven al rei les ales i la coa per a l'examen de les plomes, degut al seu valor econòmic i decoratiu.

1330, 2 març. Ciutat.

Despeses de la Procuració Reial per l'autòpsia d'un papagai.

«Divendres a II de mars pagam an Jacme Cama, mercader, per un papagay quen compram a ops del senyor Rey, que morí assí e trametem mort per en Guillem Palau en Rosseyló, 5 lliures» (Vich i Muntaner 1945).

Plomes per a coixins i semblants

Als inventaris dels habitatges solen consignar-se els travessers i coixins els quals generalment es troben a les cambres.

Aquí registram una mostra dels que porten un farciment de plomes degut a la gran abundància de registres.

Els coixins s'omplien de diversos tipus de fibra segons el poder adquisitiu del propietari.

Les fibres d'origen vegetal eren més barates. Les més assequibles eren les de palla d'ordi.

Quan es venia un esclau es feia constar que no es pixava al llit.

El farciment dels matalassos amb llana era propi de les classes més afavorides.

Els coixins es revestien amb coixineres de qualitat diversa. Les coixineres més selectes eren les de pluíx.

1342

Inventari dels béns de Ferrer de Rosselló, pare de Na Saura, muller del noble En Sanxo.

Entre les robes s'hi trobaren quatre coixins blancs de peluixell.

Peluix: vellut de llana o seda amb pèl tallat de llargària regular.

Plomes d'ocells no identificats o ploma vera

1256, agost

Testament de Benet d'Arters, rector de l'església de Manacor. Exposa que té 7 coixins amb uns capsals plens de plomes.

1268, 15 maig

Bernat Company i Guillen de Llagostera, marmessors del testament de mestre Ponç des Colomers, procedeixen a fer inventari dels béns. A la casa hi ha un travesser vermell i un altre travesser (Rosselló, 2004).

Travesser: coixí llarg que va de banda a banda dell lit. N'hi havia farcits de ploma i altres de fluixell.

Fluixell: pelussa fina o plomissó dels ocells.

1348, 13 juny

Inventari dels béns de Na Francisca, dona de Bartomeu Cifre. Institueix hereu universal al convent de Santa Clara de Ciutat.

Hi figura un llit de posts amb màrfega, matalàs i travesser (Sastre, 1993).

Matalàs, de l'andalusí almatrah (Corriente, 1999).

1364, 12 desembre

Alexandre Corp ven la seva alqueria de Calvià per deutes.

Al dormitori hi ha 3 llits de posts amb màrfegues i 3 travessers de ploma o coixins

llargs que van de banda a banda del llit (Rosselló, 1987).

1371, 13 octubre. Sóller

Inventari dels béns de Jaume Busquets de Biniaraix.

Hi ha ítem sis coixins de ploma amb coberta (Pérez, 1976).

1373

A un inventari d'aquest any es menciona "un capçal de ploma" (Alcover i Moll, 1993).

1375

Inventari de la casa de Nunis, de Ciutat. S'hi troba un capçal o coixó de llit, de plomes llistat, i un coixí de fluixell sense cobertor i vuit coixins de plomes sense cobertor (Llompart *et al.*, 1988).

1375

Inventari de la Torre dels Enegistes de Manacor. S'hi trobà quatre coixins de ploma "modici valoris" (Llompart *et al.*, 1988).

1382, 26 març

Inventari des béns de Guillem Fuster, prevere.

A la seva casa de Felanitx a on vivia, a la cambra hi havia un travesser blanc ple de plomes i 4 coixins plens de plomes (Rosselló, 1973).

1404

Jaume Ballester, de Manacor, procedia a fer inventari de les robes que tenia en societat de sa difunta muller Na Marió. Hi tenia entres coses, dos coixins de plomes amb els seus cobertors.

1445, 4 juny

Inventari *post mortem* dels béns de Joan Pi, àlies Fiol, habitador de l'alqueria Biniali.

S'hi trobà a la casa de la cambra a on lo dit difunt dormia: «*un treveser de ploma e hun matalaff de cànem blanch*», i «*quatre coixins, hun de fluxell e tres de ploma, sens cubertes*».

En la casa del celler s'hi troba: «*hun lit ab sinch post e dos petges ab màrfagua plena de palla ab hun trevesser de ploma e matalaff de cànen blanch*».

En la cambreta s'hi troba «*hun trevesser de ploma*» (Rosselló, 2006).

Plomissó: plomes petites dels ocellets de niu: plomes petites i finíssimes que tenen els aucells davall les plomes grans amb les quals es farcién els coixins.

1452, 23 febrer

Antònia, viuda del venerable Guillem Coma, de Ciutadella, vol canviar de domicili i guardar les coses i béns en la casa de Martí de Fillera per això procedeix a fer inventari. Té sis coixins de fluxell (Rosselló, 1982).

1452, 11 desembre

Inventari de béns que fa Bernat Ferrer, curador de l'herència que ha rebuda Berenguer Sintes, ara absent de Menorca.

A l'alberg de Ciutadella hi tenia un travesser amb llistes blaves de fluxell, oldà (Rosselló, 1982). Oldà, vell.

1457

Inventari dels esclaus i els seus béns de Son Torrella.

A «*la cambra apellada de la esclava*» hi havia «*un tranesser de fluxell*» valorat en 39 sous (Bestard, 1978).

1462, 24 març

Inventari dels béns d'Antoni Huguet, fet pel seu fill Antoni.

A la casa del carrer Major de Bunyola, shi trova a la despesa de l'entrada:

«*Ítem dos cuxins ab cubertes de ploma. Ítem hun travasser*» (Rosselló, 1995).

1463, gener

Inventari de l'alqueria Marratxí fet pels hereus de Joan de Sales.

En una cambra que treu porta a l'entrada de dit casat s'hi trobà «*hun travesser de fluxell, dos coixins de fluxell ab cuberts de bri*».

En una cambra que treu porta al menjador de dit casat, «*un traveser de fluxell*», i «*un traveser de ploma*».

A una altra cambra que treu porta al menjador, s'hi trobà «*hun traveser de fluxell*» (Rosselló, 1985).

Bri, teixit de fil de lli.

1465, 10 desembre

La casa i botiga de Pere Ylari es trobava a la plaça de Cort, de la parròquia de Santa Eulàlia de Ciutat. A la mort de Caterina, viuda de Pere Ylari, la filla i hereva Margalida Ylari, ordena que es faci inventari dels seus béns.

Inventari del botiguer Pere Ylari, difunt.

A la cambra es trobà: «*hun traveser ple de plome*» i «*dos coixins sens coberta, plens de ploma*».

A una altra cambra, s'hi trobà «*hun traveser ple de ploma*» (Segura i Barceló, 2013).

1466

A un inventari es menciona «*hun capçal de fluxell e hun coxí de fluxell*» (Alcover i Moll, 1993)

1468

A l'alqueria de Santa Ponça, al dormitori o cambra d'en mig de la torre hi ha un llit amb una capçalera de ploma o coixí llarg que ocupa de banda a banda del llit (Barceló, 1996).

1469, 22 agost

Inventari dels béns de Bartomeu Bonet de Santanyi.

S'hi troba "*en la cambra de la portela. Ítem un cuxí plen de plomes*". I "*en la cambra en la qual es passat de aquesta vide de dit defunt. Ítem un travesser lisat plen de ploma*" (Barceló, 1995).

1471, 20 juliol

Inventari dels béns de Gabriel Gual, ciutadà de Mallorca, a la seva alqueria dita s'Arissal, en el terme de Sencelles.

S'hi trobà "*primo en la cambra de la casa de la dita alqueria hun lit encaxat nou ab banqual ab son matalaf de lana e travesser de fluxell tots bons*."

Ítem en la casa del seller. Dins una cambreta hun lit, una màrfega, hun traveser de feuxell, una vànova bona migansera e una pesa de cortina blava, hun coxí sens coberta de feuxell bo" (Rosselló i Vaquer, 1993).

1477, 14 agost

Inventari dels béns de l'heretat de Joan Dameto, cavaller.

A l'alqueria coneguda com la de devall de l'alqueria Blanca s'hi trobà "*Ítem un travesser de fluxell vell*" (Rosselló, 1995).

1477, 20 setembre

Inventari dels béns de la rectoria de Muro.

S'hi troba "*en la cambra del pati. Primo hun llit gran de posts ab bancal e banqueta ab sa màrfega e travesser de*

ploma ab un matalaf de lana ab la cuberta vermella" (Rosselló, 1990).

1486, 30 octubre

Inventari dels béns de Francesc de Sant Martí en l'alqueria Parola, de Lluí.

S'hi troba en la cambra un llit groc i pintat "*ab un traverer de ploma*" (Albertí i Rosselló, 2001).

1494, 25 febrer

Inventari dels béns de Francesc Pons, barber, que vivia en el carrer de Santa Clara de Ciutadella.

A la casa s'hi trobà: "*Ítem hun travesser e hun coxí de ploma o fluxell vell*" (Rosselló, 1998).

1494, 30 agost

Inventar post mortem dels béns del menor Sebastià Ferretjans, nét i hereu de Sebastià Ferretjans, de Puigpunyent.

A la possessió i a la cambra de darrera hi havia quatre coixins plens de plomes (Rosselló i Segura, 1996).

1496, 11 març

Inventari de l'alqueria de Santa Ponça.

S'hi troba, en lo menjador de la torre: "*hun travesser de fluxell, un coxí de fluxell ab sa coberta*".

En la cambra d'enmig de la torre: "*hun travesser de ploma*".

En la recambra de la dita torre: "*hun travesser de ploma*" (Barceló, 1996).

1504, 18-19 abril

Inventari dels béns de Mossèn Jaume Berad.

En el casal de Manacor en "*la cambra de la cantonade, [s'hi trova] tres coixins de fluxell ab ses cubertas*" (Rosselló i Vaquer 1991).

1504, 24 abril

Inventari de la possessió de Bellver.
“*En la cambra, hun travesser de ploma.
En l'altra cambra, un travesser de ploma*”.

1504, 31 maig

Inventari de la possessió de Ramon Gual a Marratxí.

S'hi troba en la cambra: “*Ítem hun coxí de fluxell ab sa cuberta apadassada*” (Barceló, 2002).

1505, 9 setembre

Inventari dels béns de Jaume Riudavets.
“*En la recambra: Ítem tres coxins de ploma, lo un dels quals és ab sa coberta guarnida de cea ço és lista texida ab vetes de grana.
En la cambra del menjador que stà al cap de la escala: Ítem tres coxins de ploma sens cuberta*” (Rosselló, 1998).

1507, 12 agost

Inventari de la possessió de Son Bujosa de Banyalbufar.

Dins la cuina s'hi troba “*un coxí de ploma vell*” (Rosselló i Albertí, 1995).

1515, 12 juny

Inventari dels béns de Pere Joan de Sant Joan fet per la seva viuda Caterina Cotoner.

A les cases de la possessió anomenada Ariany en el terme de Petra, en la cambra del menjador s'hi trobà “*Ítem un lit de camp vell ab hun matalaff de palla e dos de llana de lit de repòs e hun travesser de ploma vell tot*” (Rosselló, 1994).

1517, 15 febrer

Inventari de la possessió de Son Valentí de Banyalbufar que fou del difunt Teseu Valentí.

S'hi trobà en la sala: “*primo dos coxins de lit hun de ploma, altra de fluxell. Estimats en XVII sous*”.

“*En la cambre: primo un lit de posts ab dues màrfegues, un travesser de ploma. [Estimat en] VIII sous*” (Rosselló i Albertí, 1995).

1517

Inventari de la possessió de Son Valentí, de Banyalbufar.

En la sala s'hi troba: “*dos coxins de lit, hun de ploma, altre de fluxell. Estimats: XVII sous*”.

A la cambra s'hi troba “*un lit de posts ab dues màrfegues, un travesser de ploma: VIII sous*” (Albertí et al., 2002).

1519, 4 gener

Inventari dels béns de Pere sa Forteza.

A la seva possessió en el terme de Puigpunyent, a la cambra dels fills hi havia dos coixins de fluxell, un amb coixinera, i l'altre descobert.

A la cambra de la senyora hi havia dos coixins de fluxell (Rosselló i Segura, 1996).

1521

Inventari dels béns de mestre Bartomeu Pol, Fuster, de Ciutat.

En la cambra s'hi trobà “*Ítem quatre coxins de fluxell, diu sa muller són de una tia sua, pur verdós*” (Cerdà, 2016).

1527

Reclamacions de Violant Angelats, viuda de Nicolau Angelats, a causa de les malifetes de les germanies.

“*Ítem dos coxins de fluxell*” que estima en 4 lliures. En rebé 1 lliura, 12 sous.

“*Ítem dos coxins de fluxell*” i altres robes que tenia a Sóller, estimades en 13 lliures, 12 sous. En rebé 9 lliures (Pérez 1976).

1527, 28 març

Inventari dels béns de l'heretat de Guillem Noguera, de Superna.

A la cambra de dalt hi havia un travesser de ploma mig usat i cinc coicins de ploma entre grans i xics, sense cobertes, mig usats.

A la cambra de damunt, anomenada la cambra nova hi havia un travesser de ploma, vell.

A la cambreta del celler hi havia un travesser de ploma, vell i esquinçat (Rosselló i Segura, 1996).

1552

Inventari dels béns de la possessió de Son Moragues de Valldemossa.

En la cambra o sotoll alta a on dormia la dona Joana un llit amb "*una flasada cardada e hun travesser de ploma*" (Muntaner, 1980).

Sotoll, fonament d'una paret.

1557, 16 març

A l'alqueria Torratxí d'en Socies, a la cambra s'hi troba "*un lit encaxat gran ab se màrfgue de palle y travesser de ploma tot vell*" (Font, 1978).

1569, 6 gener

Inventari de l'alqueria de Lluccamar, de Sant Llorenç des Cardassar.

"*A la cambra, ítem dos cuxins de fluxell bons.*

En lo studi, ítem quatre cuxins de fluxells, vells

1582, 25 juliol

Inventari dels béns de Joan Ramon d'Aiamans, fill de Bartomeu Ramon, fet per la seva viuda Aina Villalonga, del lloc d'Aiamans.

"*Ít. Un coxí de fluxell y duas stormies plenas de palle*" (Capó, 1985).

Estormia, de l'àrab marroquí *stormyya*, coixí cilíndric de couro o llatra, farcit de palla. Paraula amb el mateix significat a Mallorca i al Marroc (Corriente, 1999).

1582, 11 agost

Inventari *post mortem* dels béns de Joan Ramon d'Aiamans.

En el lloc d'Aiamans s'hi troben: "*un coxí de fluxell y duas stormies plenas de palle*" (Capó, 1985).

Ploma de cigne (Cygnus cygnus)

1745

Es prohibeix matar cignes de l'Albufera o agafar les cues dels cignes (Ordinas 1999).

1801, 15 febrer

La dona Maria Caro i Sureda, muller de Pedro Xanti, filla de Pere Caro i Margalida Sureda Valero, marquesos de la Romana, lloga durant 4 anys a Miquel Bennassar i Riutort, de sa Pobla, la gran Albufera. S'estableix que si el conductor mata algun cigne guardarà la pell i les plomes per la senyora i aquesta donarà 2 duros de plata per gratificació.

Ploma de colomins (Columba)

1685

Inventari de la possessió de Son Orlandis d'Andratx.

En la cambra de mar s'hi troben "*dos coxins lo un de galta de colomina vell y lo altre de draps blanch gran usat*" (Quetglas 2006).

Colomina: femella de colomí.

Colomí: colom jove.

Plomes emprades en bruixeria

Algunes plomes de falcó (*Falco*), el voltor (*Aegyptius monachus*), l'àguila (*Aquila chrysaetos*), i d'ocells exòtics, eren

emprades a Mallorca en la bruixeria. Formaven part de la farmacopea màgica.

Les plomes d'abellerol (*Merops apiaster*), arner (*Alcedo atthis*), cadenera (*Carduelis carduelis*), miloca (*Neophron pernopteus*), *Aureolinus funereus*, mussol (*Otus scops*), òliba (*Tyto alba*), puput (*Upupa epops*), tórtora (*Streptopelia turtur*), i xoriguer (*Falco tinnunculus*), s'empraven com a amulets curatius (Moll, 2003).

Plomes usades com a pinzells

Els miniaturistes medievals empraven plomes d'ocells com a pinzells.

Les plomes remeres situades a les puntes de les ales de la becada (*Scolopax rusticola*) es deien plomes de pintor i era la part més cobdiciada, a més de la carn. Són unes plomes de 3 a 4 centímetres de longitud extraordinàriament rígides i fines.

Les dues plomes de cada ala són idèntiques però diferents d'un exemplar a altre. Les taques els diferencien. Eren utilitzades pels miniaturistes.

Les plomes de la becada eren molt apreciades per l'escriptura i per fer rituals màgicocuratius (Moll, 2003).

Les plomes remeres situades a les puntes de les ales de la cega es deien plomes de pintor i era la part més cobdiciada, a més de la carn. Són unes plomes de 3 a 4 centímetres de longitud extraordinàriament rígides i fines.

Els pintors medievals de miniatures suplien la manca de pinzells fins per plometes d'oronella dels extrems de les ales especialment per puntejar

Les plomes remeres dels faisans situades a l'extrem de cada ala són més llargues que les de la cega i servien per pintar i escriure als miniaturistes.

El 1752 John Armstrong (?-1758?), escrivia parlant de Menorca: "*las golondrinas [oronelles, Hirundo rustica] y*

vencejos [falzies, Cypselus apus] son muy numerosos durante el verano. El coronel Des Puig, actualmente prisionero de guerra aquí, me aseguró que un famoso pintor de miniaturas italiano, a quien conoció en Florencia, el uso de las pequeñas plumas puntiagudas del ala de los vencejos, como pinceles: yo me procuré algunas de ellas y hallé que efectivamente respondían al expresado fin, cuando es necesaria una punta fina" (Armstrong, 1990).

Els traductors de l'obra, Joan J. Vidal i Sebastià Sapiña, afegeixen una nota: "*también se usa para este fin cierta pluma del ala de la becada*", [cegues o becades, *Scolopax rusticola*].

Plomes usades en instruments musicals

A Castella per fer sonar la ximbomba poden utilitzar, una "*pluma de ave rapaz*". en comptes d'una canya (Díaz, 1986).

Mallorca lloc de pas de comerç de plomes

Les plomes ornamentals o decoratives

Eren cobdiciades pel reis i magnats de tot arreu, com les pells d'animals exòtics, els ous, les banyes, les dents, etc.

Les plomes s'empraven per a la decoració de capells, broderia, joieria i indumentària diversa. En la tradició xiïta tenen un gran valor per la seva simbologia religiosa en els passos processionals (*A'lām*) del mes sagrat de Muharram. Deu ser la festa popular a on més plomes decoratives s'exhibeixen.

Mallorca era un lloc de trànsit de plomes exòtiques pel comerç europeu.

Les plomes tenien l'avantatge de pesar poc, ser flexibles i resistents i ocupar no gaire espai, i alhora no necessitaven de cures especials per al seu transport, tot això permetia el seu fàcil comerç caravaner i marítim juntament amb altres productes

d'animals exòtics procedents de terres subsaharianes i des de temps remots, com de 322-312 a.C. (Mederos, 2006), a més d'animals vius com lleons (*Panthera leo*), camells (*Camelus*), lleopards (*Panthera pardus*), hienes (Hyaenidae), moneies (Cercopithecoidea), osos (Ursidae), girafes, etc., per a la casa de les feres que conservaven les col·leccions reials, o sia els incipients parcs zoològics, i sobretot falcons i altres aus de presa (Rosselló i Bover, 1995, Bover i Rosselló, 2004).

També s'importaven ocells exòtics i les seves plomes, de la costa occidental d'Àfrica, via les illes Canàries, lloc de pas i d'exportació d'ocells (Torres Santana 1985-1990), com papagais (Psittacidae) coneguts a Mallorca ja en temps de Ramon Llull (Renedo, 2008), gallines morisques anomenades d'Índia o de Guinea (Numididae), etc., per medi dels mercaders mallorquins.

Hi havia dues rutes per arribar a Mallorca.

La via canària. Les mercaderies provenien de la costa subsahariana. Arribaven a les Canàries i d'allí a Mallorca. Portaven productes exòtics, pells, plomes, animals vius i esclaus canaris i negres.

La via de Berberia. Les mercaderies provenien de terres subsaharianes, travessaven el Sahara amb el comerç caravaner fins a la costa mediterrània de Berberia, com el port de Tilimcen.

Unes passaven per les illes Canàries, i altres travessaven el Sahara amb el comerç caravaner i després passaven la mar. Per lles seves característiques podien arribar de contrabandol.

Plomes d'estruç comú (*Struthio camelus camelus*)

Les plomes decoratives més preuades eren les d'estruç (*Struthio*), originàries d'Àfrica del Nord, i de plomatge negrós, les

de paons o pagos (*Pavo cristatus*) i garces (*Ardea*), aquestes dues darreres de producció local.

S'empraven a l'indumentària, decoració de capells, etc. Avui les plomes d'esturç, a més s'empren per fer plomalls per a la neteja d'ordinadors i aparells electrònics per les seves propietats estàtiques.

Les plomes d'estruç simbolitzaven el poder.

El Bestiari diu: «*Lo esturç si és un gran oçell, e ha alles, mes no pot volar, e ha fets los peus així com a camell, E com fa sos ous, si-ls pon en la arena*» (Bellés, 2010).

S. XIV

Les grans caravanes arribaven a Tilimcen (Algèria), carregades de productes subsaharians com plomes d'estruç (Dufourcq, 1966).

Des de Mallorca seguien cap a Barcelona, Gènova i fins hi tot Amberes, i d'allí arribaven a les corts i mercats europeus de l'època. Era el mateix trajecte que seguien les pells suntuoses, animals vius més o menys exòtics, i altres productes exòtics.

1374, 18 maig

Angelo de Gora trametia des de Mallorca amb la coca de Joan Gerbi, a Pisa, diverses mercaderies, entre elles plomes d'estruç (Morro, 2009).

1458

Inventari dels béns del rei Alfons V (1396-1458). Tenia «*un gran plomay de plomes d'estruç lo qual serveix del dits elmes*» (Alcover i Moll, 1993).

Elmet, elm de poc gruix i que generalment només cobria el crani, sense gola ni visera.

1494, 9 maig

Gaspar Orrigo, genovés de Portomorisso, de la ribera de Gènova, i Sidi Jafar Alcastalli, moro de la ciutat d'Alger de Barbaria, i Salomó Malaquí, jueu, confessen que han estat fets i concordats «*e en lengua catalana ordonats los capítol deval scrits*». Benet Bofí, mariner, ha d'anar a València amb dits Jafar i Salomó peri transportar mercaderies i 300 massos de plomes d'esturços (*Struthio* sp.), i després retornaran a Ciutadella de Menorca (Arxiu del Regne de Mallorca Prot. Rafel Valls, V-115, f. 33-41).

Maç: feixet de coses juxtaposades, manoll.

1865, març 12

Al-Tayyib ben al-Yamani informa a Abraham i Jacob Corcos, germans i jueus, que el Sultà del Marroc ha donat ordres precisos sobre el cas de les plomes d'estruc (Abitbol, 1998).

Els jueus Corcos eren els encarregats de proporcionar a la cort del Marroc objectes de luxe, com teteres d'argent, joies, rellotges, etc.

Mallorca, lloc de consum de plomes

El consum de plomes de baix cost com les de gallina, deixa molt poc rastre escrit.

Les plomes emprades en l'escriptura necessitaven d'una intervenció mínima d'un artesà per a la sera manipulació, el qual podia ser suplert per l'usuari. El seu preu devia ser modest.

Les plomes emprades per a farciment de coixins i travessers destinats a persones de classe alta, degut al cost de la recol·lecció i la confecció dels coixins i semblants.

Les plomes més cares eren les destinades a la indumentària degut al cost de la recol·lecció i l'escassetat de la producció a l'Albufera. Les més exòtiques,

i per tant més cares, eren les d'estruc, provinents de la llunyana Àfrica.

Emperò les més sol·licitades eren les de falcó caigudes durant la muda emprades per a substituir-les per plomes rompudes.

Bibliografia

- Abitbol, M. 1998. Les commerçants du roi = Tujjâr al-Sultan: une élite économique judéo-marocaine au XIXe siècle. Paris: Maisonneuve & Larouse.
- Albadalejo Sánchez, M.J. 1990. Flamencos en Ibiza: compra de sal, y expolio a naves mallorquinas, 1412-1416. In: VIII Jornades d'Estudis locals. El comerç alternatiu: corsarisme i contraban, ss. XV-XVIII. Palma: Institut d'Estudis Balearics, 41-54.
- Albertí, J. i Rosselló, R. 2001. Castell-Llubí 1229-1600. Dins: Història de Llubí. Volum I. Mallorca: Cristòfol Rosselló Perelló, p. 123-365.
- Albertí, J., Rosselló, R. i Vibot, T. 2002. Son Valentí, Son Balaguer, Ses Mosqueres: una història, un territori. Banyalbufar: Associació Cultural Bany-Al-Bahar.
- Alcover, A.M. i Moll, F. 1993. Diccionari català-valencià-balear: inventari lexicogràfic i etimològic de la llengua catalana en totes les seves formes literàries i dialectals, obra iniciada por Antoni Maria Alcover, redactat per Francesc de B. Moll, amb la col·laboració de Manuel Sanchís Guarnier i d'Anna Moll Marquès, 10 vol., Palma, Edit. Moll.
- Armstrong, J. 1752. *The history of the island of Minorca*. London: Impr. C. Davis, 1752. Altres ed.: 1754, 1769, 1782, 1930, 1956, 1971, 1978, 1990.
- Barceló, M. 1995. Inventari dels béns de Bartomeu Bonet de Santanyí. Dins: *Festes de Sant Jaume, Santanyí 1995*. Santanyí: Ajuntament de Santanyí.
- Barceló, M. 1996. Aspectes de la vida quotidiana medieval a Calvià. Calvià: Ajuntament de Calvià.
- Barceló, M. 2002. Inventari de la possessió de Ramon Gual a Marratxí, 1594. Dins: III

- Jornades d'Estudis locals a Marratxí. Marratxí: Ajuntament de Marratxí. Àrea de Cultura.
- Bellakhdar, J. 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle : médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Casablanca : Le Fennec ; Paris : Ibis Press
- Bellés, X. 2010. Bestiari: bestiari català. València. Universitat de València.
- Bover, J. i Rosselló, R. 2003. La falconeria a les Balears, s. XIII-XV. Mallorca: Roig i Montserrat.
- Bover, J. i Rosselló, R. 2004. Algunes notícies sobre animals exòtics: El col·leccionisme reial d'animals exòtics als segles XIV i XV : el castell reial de l'Almudaina com a lloc de pas. *Randa*, 53: 17-27
- Canals i Frontera, F. 1989. Aproximació socio-econòmica a Binissalem en el segle XIV. Palma: Govern Balear, Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Direcció General de Cultura 22-23.
- Capó, J. 1985. Història de Lloseta. Volum primer: De la prehistòria al segle XVI. Mallorca.
- Corriente, F. 1999. Diccionario de arabismos y voces afines en iberorromance. Madrid: Gredos.
- Delort, R. 1978. Le commerce des fourrures en Occident à la fin du moyen âge: vers 1300-vers 1450. Rome: École française de Rome; Paris: Diffusion de Brocard, 2 v. (Bibliothèque des écoles françaises d'Athènes et de Rome; 236).
- Deyà, M.J., Mas, A. i Rosselló, R. 1999. Història d'Alcúdia: el segle XVI. Alcúdia: Ajuntament d'Alcúdia.
- Díaz, J. 1986. Instrumentos populares. Valladolid. Obra social de la caja de Ahorros.
- Dufourcq, Ch.E. 1966. L'expansion catalane et le Magrib. Paris PUF.
- Font i Obrador, B. 1978. Historia de Lluçmajor. Volumen tercero: El siglo XVI. Mallorca : Gràf. Miramar.
- Grewé, R. (edit) 2003. Llibre de totes maneres de potatges de menjar. Sent Sovi. Barcelona. Barcino.
- Martí, J. 1989. Receptari de cuina del segle XVIII. Edició de Joan Miralles i Montserrat. Barcelona. Publicacions de l'abadia de Montserrat.
- Mas, A. 1999a. Les Albuferes d'Alcúdia. In: Història d'Alcúdia: de l'època islàmica a la germania. Ajuntament d'Alcúdia.
- Mas, A. 1999b. Les comunes d'Alcúdia. In: Deyà, M.J., Mas, A. i Rosselló, R. (edit.). Història d'Alcúdia: el segle XVI. Ajuntament d'Alcúdia. 175-198.
- Mayol Llompart, A. 2008. La festa a l'època medieval: Pollença 1350-1450. Pollença: El Gall Editor
- Mederos Martín, A. 2006. El periplo norteafricano de Ofelas. A: Gerón, v. 24, n. 1: 65-84.
- Moll i Marquès, M. 2003. Medicina popular menorquina: segles XVI-XXI: plantes, animals, minerals i altres modalitats curatives. Palma: Documenta Balear.
- Morro, G. 2009. La marina medieval mallorquina 1250-1450. Palma. Documenta Balear.
- Muntaner, J. i Argente, J.F. 1980. Introducción a la historia de Valldemosa. Tomo I. Mallorca.
- Ordinas, G. 1999. L'explotació de l'Albufera als segles XVII, XVIII i XIX a través dels arrendaments. I Jornades d'Estudis Locals d'Alcúdia. Ajuntament d'Alcúdia. 51-62
- Pérez Ferrer, F. 1976. Les germanies i Sòller. Palma de Mallorca: Impr. Mn. Alcover.
- Querol San Abdon, Jordi, 2003. Material per a un diccionari històric del català científic medieval: el vocabulari tècnic de l'art de la falconeria. Bellaterra. Universitat Autònoma. Facultat de Veterinària.
- Quetglas i Bauçà, F.M. 2006. Son Orlandis, segles XVI-XVII : aproximació crítica als factors determinants del seu procés evolutiu. Andratx: Ajuntament d'Andratx , Palma : Leonard Muntaner.
- Renedo i Puig, X. 2008. El papagai i l'Orient : notes sobre la història del papagai a l'edat mitjana. *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins*, 49: 367-391.
- Rosselló Vaquer, R. 1982. Santa Maria de Consolació: notes històriques. Santanyí: l'autor.
- Rosselló Vaquer, R. 1985. Inventari de l'alqueria Marratxí. A: Pòrtula: informatiu cultural de Marratxí, 41.

- Rosselló Vaquer, R. 1987. Notes històriques de Calvià: segles XIII-XVI. Calvià: Ajuntament de Calvià.
- Rosselló Vaquer, R. 1991. Notes històriques de la Albufera. A: Algebellí, 194: 34.
- Rosselló Vaquer, Ramon, 1998. Noticiari de Menorca. Felanitx : l'autor
- Rosselló Vaquer, R. 1999. Notes històriques : miscel.lània. Sant Llorenç des Cardassar : s.n.
- Rosselló Vaquer, R. 2002. Noticiari de Llorito : segles XIII-XX. Mallorca : l'autor
- Rosselló Vaquer, R. 2006. Noticiari de Biniali. Mallorca.
- Rosselló, R. i Albertí, J. 1995. Història de Banyalbufar: segles XIII-XVI. Palma : Leonard Muntaner.
- Rosselló, R. i Bover, J. 1995. Camellos y leones de Berbería para el rey de Cataluña-Aragón, 1373. *Kasbah*, 6 : 4-5.
- Rosselló, R. i Bover, J. 2003. La Falconeria a les Balears. S. XIII-XV. Consell Insular de Mallorca.
- Rosselló, R. i Vaquer, O. 1991. Història de Manacor: el segle XVI. Mallorca.
- Rosselló, R. i Vaquer, O. 1993. Història de Sencelles i Costitx 1229-1600. Palma: Govern Balear, Conselleria de Cultura, Educació i Esports.
- Rotger, Fra Francesc 2014. Art de la cuina. Institut Menorquí d'Estudis.
- Sastre, J. 1993. Notas sobre alimentación en la Mallorca medieval. *Anthropologica*, 13-14: 251-264.
- Segura, M.A. i Barceló, M. 2013. Inventari del botiguer Pere Ylari (1465). *Boll. Soc. Arqueo. Lul.liana*, 69: 299-309.
- Torres Santana, E. 1985-1990. Notas sobre el comercio de pájaros canarios en el siglo XVII. Dins: Serta gratulatoria in honorem Juan Régulo. La Laguna: Universidad de La Laguna, 3: 885-893.
- Vich, J. i Muntaner, J. 1945. Documenta Regni Majoricarum: miscelánea. Palma de Mallorca: Amengual y Muntaner.

Nota històrica sobre uns ous d'estruç (*Ovum struthionis*) a Mallorca (segles XIV-XV)

Jaume BOVER

SHNB



SOCIETAT
D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES
BALEARS

Bover, J. 2016. Nota històrica sobre uns ous d'estruç (*Ovum struthionis*) a Mallorca (segles XIV-XV). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 105-109. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Així com els ous d'estruç procedents de aixorvar funerari dels jaciments fenicis opònics són relativament comuns (especialment a les necròpolis d'Eivissa), les dades sobre ous medievals i el seu significat, són més escasses. En aquesta nota es relacionen tres ous medievals de Mallorca i es discuteix sobre la seva significació litúrgica.

Paraules clau: ou d'estruç, *Ovum struthionis*, Mallorca. S. XIV-XV.

HISTORICAL NOTE ABOUT OSTRICH EGGS (*OVUM STRUTHIONIS*) IN MALLORCA (XIV-XV CENTURIES). As well as ostrich eggs from the burial ground of the Phoenician sites are relatively common (especially in the necropolises of Ibiza), the data on medieval eggs and their meaning are scarce. In this note three medieval eggs of Mallorca are related and one discusses on its liturgical significance.

Keywords: ostrich eggs, *Ovum struthionis*, Mallorca. S. XIV-XV.

Jaume BOVER, Can Joan Gran, 7. 07159 s'Arracó, Balears, beniaurelia@outlook.es

Recepció del manuscrit: 10-oct-16; revisió acceptada:30-des-16.

Introducció

L'estruç és una espècie d'origen saharià que va tenir la seva presència per l'àrea d'Àsia Menor i nord d'Àfrica. Els seus ous foren emprats com a matèria per a diversos objectes: puntes de fletxa, amulets, comptes de collar, envasos,... En el món fenici-púnic s'utilitzaven les closques com a envasos les seves closques per a conservar ocre, d'aquí a que molts d'ells contenen restes de pintura roja al seu interior, encara que en algunes poques ocasions també s'han trobat llavors.

Però els ous en aquest moment tenen un caràcter majoritari sagrat i representen el símbol en el qual se troba guardat l'alè vital, amb el que se pot retornar als morts a la vida, pel que la seva presència a

sepultures és molt freqüent. El rite més usual és la inhumació i se troben formant part de l'aixorvar funerari dels jaciments fenici-púnics durant els segles VI-IV aC (San Nicolás, 1975).

No obstant, les cites d'ous d'estruç durant els segles XIV i XV a Mallorca són escasses. En aquesta nota es presenten tres cites, i es discuteix sobre el seu ús dins la litúrgia

Producció dels ous d'estruç

Els ous d'estruç (*Ovum struthionis*) medievals eren produïts pels grans ramats d'estruços saharians de *Struthio camelus camelus*, existents des de les costes africanes atlàntiques en front de les Illes Canàries fins a la costa de la Mar Roja. Degut a la distància resulta difícil que

fossin de *Struthio camelus molybdophanes*, estruços somalis, o de *Struthio camelus massaicus*, estruços massais.

L'estruç és l'ocell més gran que existeix. Pot arribar a 2,50 m i pesar 150 kg. Pon els ous més grossos que es coneixem. El color és blanc crema. Són uniformes i polits, d'una llargària mitja de 158,5 mm i de diàmetre mitjà de 131 mm i d'un pes de 1.728,4 g. (Cornette i Lebailly, 2014).

A Àfrica els ous d'estruç tenen una funció alimentària i la closca s'empra per a usos domèstics. Les closques arribaren des del temps púnic-fenici a les Balears emprats en usos religiosos.

Després de perforar un ou ple per la creació d'un orifici a la part superior, per a la consumició humana del contingut, les closques buides s'empraven per a usos domèstics: botelles, cantimplors, biberons, recipients per a líquids, o per fer mantega, tasses, escudelles, etc. (Belhouchet, 2013).

La decoració geomètrica a base de incisions era freqüent. (Belhouchet, 2008).

Amb l'arribada de l'Islam al Sàhara, els ous d'estruç tengueren una nova funció religiosa i foren penjats als marabús i mosquees. Al mateix temps es conservaven a les esglésies coptes d'Egipte. (Butler, 1884).

Aquests ous arribaren a Europa i es transformaren en reliquiariis o es penjaren a esglésies, sempre lligats amb la Nativitat de Jesús.

Els ous dels reliquiariis, joiers, hostiers, pots, pitxers, tasses, botelles, escudelles, copes, joiers, etc., es posaven sobre un suport d'orfebreria sumptuosa.

Els ous es penjaven del sostre de les capelles de les esglésies sempre relacionades amb la Nativitat. Com el cas de l'església de la Nativitat de Betlem de Terra Santa, etc.

Bock (2005) aporta dos testimonis antics d'ous penjats:

1372

“*On pent' es esglises les oeufs de l'ostruce pour grant excellence, pour leir grandeur et pour ce que il en est peu en ce pays*”. Bartholomeus Anglicus. *De proprietatibus rerum*. 1372. Ed. castellana: Toledo : Gaspar de Ávila, 1529. (Bock 2005).

1555

“*Grande partie des oeufs que nous voyons pendus par les eglises, sont aeufs de crocodile: & toutes fois pensons qu'ils sont oeufs d'autuche*”. (Pierre Belon du Mans. *L'Histoire de la nature des oyseaux*. 1555. Ed. moderna: New York 1972. (Bock, 2005).

Els introductors d'aquets ous a Europa en temps moderns, foren els portuguesos, espanyols, francesos, etc., i altres europeus que mantenien colònies a Àfrica.

Es venien a les botigues de souvenirs a començament del segle XX als turistes en els socs de Tànger. Bock reproduceix una pintura, “Tanger” de Jean Discart (1856-1944), d'un venedor de curiositats amb ous d'estruç. (Bock, 2005).

Inventari d'ous d'estruç de Mallorca

S'ha constatat la presència de tres ous d'estruç a Mallorca per a aquest període:

1366

[Alaró 1]

A la capella del castell d'Alaró, que tenia per titular Santa Maria, hi havia: “*un ou de sturs*”. (Guasp, 1973; Rosselló 1979).

1478

[Lluc 1]

Inventari dels béns de l'església de Lluc.

En lo porxo davant l'església. Hi havia: "*un ou de sturs, gornit*". (Mir, 1890).

El porxo davant l'església era un magatzem a on es guardaven tot tipus d'objectes litúrgics i joies.

1478

[Lluc 2]

Inventari dels béns de l'església de Lluc.

En la cambra de la sagristia. Hi havia "*hun hou de sturch*". (Mir, 1890).

Discussió

Les recerques sobre els ous d'estruços a Mallorca en temps modern tenen el precedent en l'estudi de Llupart (1968; 1986; 2001), el qual no identifica cap exemplar, ni físicament ni documental, però comenta que són utilitzats com a llànties ("lámparas de Iglesia"). Aquestes apreciacions semblen ser elucubracions, i com a conclusió diu: "*aunque restemos nuevamente en el terreno de lo apreciativo y probable que de lo seguro e incontrovertible*". (Llupart 1968, reeditat el 1986 i 2001).

Res fa suposar que els ous d'estruç s'emprassin com a llànties.

L'exemplar 1 de Lluc es troba "*gornit*", o sia guarnit. Guarnir és fornir alguna cosa de tot allò que serveix pel seu adornament; encastar en metalls. Alomar (1995) també indica els termes garnit, gornit, guarnit: 1345: "fornit d'aquelles peces o elements que completen o que serveixen per a adornar".

Bock (2005) menciona diverses referències a ous d'estruç guarnits a inventaris europeus dels segles XIII al XVI. Seleccionam els exemples francesos i

italians de l'època, a on apareixen ous guarnits, per la similitud idiomàtica:

1295 Unam cupam de ovo strucii ...; interius autem est guarnida de argento.

1302 Une cope d'oeuf d'oustruce, guarnie d'or bien doré.

1339 Un pot d'un oef de griffon garni d'argent.

1364 D'aeuf ostruce, garnyes d'argent.

1399 Un coupe fait d'un gripesei garisez d'arg.

1416 Une couppe d'un aeuf d'austrusse, garnie d'argent, doré, esmaillé.

1587 Una fiasca antica di uno ovo di struzzulo, gaunita di acciaio germani intarsiato di argento

Significat dels ous d'estruç.

Els tres exemplars coneguts de Mallorca tenen en comú: es troben en dos temples amb dedicació mariana, i en santuaris localitzats a dalt de muntanyes de difícil accés.

No és casualitat. "*Les oeufs d'autruche sont signes de fécondité: à partir du XIIIe siècle, les chapelles de la Vierge et de sainte Marguerite, patrones des femmes enceintes, peuvent abriter des oeufs d'autruche pour la fertilité*". (Dire, 2012).

A Mallorca, com a tot Europa, s'empraven com a ofrenes votives ofertes per dones embarassades com a promeses o com acció de gràcies d'un bon part, per esser penjades del sostre de les capelles marianes o per ser llavorades per orfegres com a contenidors.

El preu devia ser car per l'exotisme.

Els ous d'estruç a l'art

Les pintures clàssiques representant la Nativitat o l'Epifania de Antonio di Fissiraga (1327), Piero della Francesca (1472), Andrea Mantegna (1457), Giovanni Bellini, (1505), Mattea da Milano (1505),

representen ous d'estruç penjats del sostre de les capelles.

Esaias Bourse (1631-1672), pintor flamenc té una pintura que representa un interior d'una casa domèstica a on hi ha una mare asseguda cosint a devora un bres amb un infantó, dins una cuina. Al sostre, un ou d'estruç penjat. És una escena civil. L'ou és una ofrena votiva lligada a l'embaràs i al naixement.

Les fotografies antigues de finals del segle XIX o començaments del segle XX, de les basíliques i capelles dedicades a la Nativitat mostren la presència d'ous d'estruç penjats del sostre.

Andrea Mantegna pinta una llàntia de vidre encesa, la qual penja d'un ou d'estruç al seu quadre Madonna i Infant Jesús (1467-1460). L'ou no s'emprava com a llàntia, sinó com a decoració de la llàntia. (Bock, 2005).

També es coneixen altres utensilis naturals emprats a la litúrgia. Així, al 1478, s'indica que al porxo de l'església de Lluc era en espai a on es guardaven tots els utensilis emprats en la litúrgia.

Dins el porxo hi havia "huna llanterna de banya, nova".

És un exemple d'objecte natural emprat en la litúrgia, com ho eren algunes closques de mol·luscs marins. (Mariaux, 2005).

Referències

- Acquaro, E. 1987. Atichità puniche d'Ibiza: la maschera e l'uovo di struzzo. SEAP 1: 62-65
- Alomar i Canyelles, Antoni Ignasi, 1995. *L'armament i la defensa a la Mallorca medieval : terminologia*. Palma: Institut d'Estudis Balearics.
- Astruc, Miriam, 1957. Exotisme et localisme. Étude sur les coquilles d'austuche décorées d'Ibiza. A: *Archivo de prehistoria levantina*, 2: 51-96; 6: 47-113.
- Belhouchet, Lotfi, 2008. Les gravures sur coquilles d'œufs d'autruche en Afrique du Nord: interprétation des décors géométriques. *Sahara*, 19: 77-84.
- Belhouchet, Lotfi, 2013. 'Œuf d'autruche'. Dins: *Encyclopédie berbère*, 35: 5715-5719.
- Bock, S. 2005. *Ova struthionis. Die Strausseneiobjekte in den Schatz-, Silber- und Kunstkammern Europas*. Freiburg im Brisgau ; Heidelberg : Selbstverlag.
- Butler, Alfred J., 1884. *The ancient coptic churches of Egypt*. Oxford
- Camps-Fabrer, H. 1990. Autruche. Dins: *Encyclopédie berbère*, 8: 1176-1187
- Camps-Fabrer, H. 1995. L'homme et l'autruche à travers le temps. Dins: *Chenorkian, Robert, éd. L'homme méditerranéen: Mélanges offerts à Gabriel Camps, professeur émérite de l'Université de Provence*. Aix-en-Provence : Université de Provence, 427-451
- Cornette, B. i Lebailly, Ph. 2014. *L'autruche: élevage et rentabilité*. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux.
- Dire, Clarisse, 2012. *Les animaux "exotiques" dans les manuscrits du duc Gian Galeazzo Visconti de Milan au tournant des XIVe et XVe siècles: une ménagerie enluminée?*. Lyon : Université Lumière Lyon 2
- Guasp i Gelabert, B. 1973. *Alaró y su castillo*. 2ª ed. aumentada. Lluchmayor
- Llompert Moragues, G. 1968. Cabos sueltos de folklore religioso mallorquín. *Revista de dialectología y tradiciones populares*, 24: 35-56.
- Llompert Moragues, G. 1982. Huevos de avestruz en lámparas de Iglesia". Dins: *Religiosidad popular: folklore de Mallorca, folklore de Europa : miscelánea de estudios. 1: El calendario y la jornada*. Palma : Olañeta, 38-48.
- Llompert Moragues, G. 2001. Huevos de avestruz en lámparas de Iglesia. Dins: *Religiosidad popular: folklore de Mallorca, folklore de Europa : miscelánea de estudios. 1: El calendario y la jornada*. Palma : Olañeta, 213-216
- Lugli, Adalgisa, 1998. *Naturalia et Mirabilia : Les cabinets des curiosités en Europe*. Paris: A. Biro

- Manfredi, Lorenza Iliria, 1986. Un uovo dipinto inedito da Ibiza. *Oriens antiquus*, 25 : 87-91.
- Mañá de Angulo, J.M. 1948. Museo Arqueológico de Ibiza (Balears). Huevos de avestruz cartagineses con decoración pintada o gravada. Dins: *Memoria de los Museos Arqueológicos provinciales 1947*. Madrid 1948: 45-53, 57-67.
- Mariaux, P.A. 2005. *Curiositas et curiosités naturelles au Moyen Âge: quelques remarques sur les naturalia au service de la liturgie*. A: *Kunst + Architektur in der Schweiz = Art + architecture en Suisse = Arte + architettura in Svizzera*, 56
- Mayor Ortega, B. 1996. Los huevos de avestruz feno-púnicos: ejemplares conservados en el Museu d'Arqueologia de Catalunya. *Miscel·lània arqueològica*, 83-96.
- Mir, J. 1890. Secuestro de los bienes y alhajas de la Iglesia de Lluch e inventario de los mismos. *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana*, III: 198-200, 214-216, 226-228
- Moscatti, Sabatino, 1988. Le uova di struzzo. *I Fenici. Catalogo della Mostra tenuta a Venezia, Palazzo Grassi*. Milano : Bompiani
- Rosselló Vaquer, R. 1979. *Història d'Alaró: segles XIII-XIV*. Mallorca
- Ruiz Cabrero, L.A. 2004. El huevo de avestruz: símbolos, epigrafía y contextos culturales". Dins: Savio, Gigliola. *Le uova di struzzo dipinti nella cultura púnica*. Madrid, Real Academia de la Historia, p. 111-128
- San Nicolás Pedraz, M.P. 1975. Las cáscaras de huevo de avestruz fenicio-púnico en la Península Ibérica y Baleares. *Cuadernos de historia y arqueologia*, 2: 75-100
- San Nicolás Pedraz, M.P. 1977. Museo de Mahón (Menorca): una cáscara y varios fragmentos de huevo de avestruz inéditos. *Crónica del XIV Congreso Arqueológico Nacional*. Zaragoza General de los Congresos Arqueológicos Nacionales, p. 739-742.
- Savio, Gigliola, 2004. *Le uova di struzzo dipinte nella cultura púnica*. Madrid: Real Academia de la Historia.
- Torres, J.R. 2007. *Excavaciones arqueológicas en el asentamiento fenicio de Sa Caleta (Ibiza)*. Barcelona : Ed. Bellaterra.

Notes històriques sobre l'extermini dels animals nocius a Mallorca

Ramon ROSSELLÓ i Jaume BOVER

SHNB



SOCIETAT
D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES
BALEARS

Rosselló, R. i Bover, J. 2016. Notes històriques sobre l'extermini dels animals nocius a Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 111-127. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Amb aquest article es donen notes sobre animals nocius de Mallorca des del segle XIV al XX. Hi ha casos sorprenents com puguin esser la caça de voltors o d'ànguiles. Aquestes dades també ens ajuden a inferir sobre la possible dinàmica de poblacions d'algunes espècies en el passat,

Paraules clau: *animals nocius, caça, Mallorca. S. XIV-XX.*

HISTORICAL NOTES ON THE EXTERMINATION OF HARMFUL ANIMALS IN MALLORCA. This article gives notes on harmful animals from Mallorca from the fourteenth to the twentieth centuries. There are surprising cases such as the hunting of vultures or eagles. These data also help us to infer about the possible dynamics of populations of some species in the past.

Keywords: *feathers, commerce, Mallorca. S. XIV-XVI.*

Ramon ROSSELLÓ, *Caritat, 14. 07200 Felanitx, Balears*; Jaume BOVER, *Can Joan Gran, 7. 07159 s'Arracó, Balears, beniaurelia@outlook.es*

Recepció del manuscrit: 5-nov-16; revisió acceptada: 30-des-16.

Introducció

El concepte d'animal nociu ha anat variant en el temps. En aquest article es dona una aproximació des del punt de vista històric sobre la caça d'espècies considerades nocives al llarg dels segles XIV fins a principis del XX.

Hi ha casos sorprenents com puguin esser la caça de voltors o d'ànguiles. Aquestes dades també ens ajuden a inferir sobre la possible dinàmica de poblacions d'algunes espècies en el passat, com per exemple captures molt importants de voltors (28 exemplars el 1792, 12 el 1793 i 5 el 1794) o els corbs (caçats 123 exemplars el 1792, 109 el 1793 i 38 el 1794).

Com a prova de caça era necessari presentar els peus o urpes per poder cobrar la compensació els quals eren cremats a la plaça pública. S'exigia a vegades que els animals fossin caçats en el terme municipal i no en altra. En algunes ocasions també s'exigia la presència dels ous pressos.

Insectes

Abelles (*Apis mellifera*)

A vegades s'ha considerat a les abelles animals nocius per el mal que poden fer als fruits i a les persones, per tal motiu la col·locació dels eixams i de les caseres es troba regularitzada a Mallorca des de

l'arribada dels catalans amb l'aplicació del dret aragonés per tal d'evitar molèssies.

Edat mitjana

Es prohibia tenir apiaris aprop de les vinyes i dins el poble.

1498, 13 octubre

El notari Pere Ferrer diu que mentre sortia de la vila d'Alcúdia cavalcant un ase *“serien vengudes moltes abelles les quals se sien aferrades amb lo dit ase de que lo dit ase havia lensat lo dit Ferrer de la qual caiguda és estat lo dit Ferrer afollat... que abelles no poden estar en la vila com sia expressament prohibit”* (Rosselló, 1999).

1660, 18 agost

Els establidors del Reialenc reclamen que Joan Bordoy, de Felanitx sia forçat a treure les abelles d'allí on són per quan fan mal als raïms (Rosselló, 2009).

1660, 21 agost

Jaume Valls, lloctinent del procurador reial, oïts els establidors del Reialenc que demanen que Joan Bordoy, de Felanitx sia forçat a treure les abelles, juntament amb els demás que n'hi tenen, perquè fan notable dany a les vinyes, proveeix que Bordoy i tots els altres, treguin les abelles d'aquell lloc i portar-les a lloc apartat del vinyet, ja que contràriament seran visurades per dos homes pràctics (Rosselló, 2009).

1912, 12 agost

Es llegeix a l'Ajuntament de Felanitx una instància col·lectiva de veïnats *«en la que se pide se eviten los muchos perjuicios que ocasionan a los frutos las abejas que en úmero exorbitante existen en este término municipal reglamentando las colmenas con arreglo a las facultades que conceden a los Ayuntamientos los*

artículos 72 y 73 de la vigente Ley Municipal».

Es va acordar per unanimitat *«que todos los colmenares existentes en ese término municipal o que en lo sucesivo se instalen en el mismo deberán estar a mayor distancia de cien metros de las fincas ajenas y de cualquier camino, siempre que el número de colmenas no ecceda de cinco; pues si fueran en mayor número, las distancias expresadas tendrán que ser de docientos metros. También se acordó quedaba prohibido la existencia de colmenas en el casco de esta población»*.

Formigues

1586

El bisbe de Mallorca Joan Vich i Manrique de Lara (Alcira, 1530-Tarragona, 1612), féu una visita pastoral a Deià. En les recomanacions exposa que com s'ha vist que la coberta de la caixeta *«de portar els olis sancts de la Ciutat no junta bé, ordenà y manà que dins quinze dies se adobe que tanche bé de manera que no'y puguen entrar formigues»* (Rosselló, 1980).

Orugues

1535, 15 abril

Els jurats de Campos *«envían diputación al obispo auxiliar don fray Rafael Llinàs, para que se dignase pasar a Campos a exortisar las orugas que infectaban sus heredades, lo que efectuó, y el gasto ocasionado se pagó del fondo de la talla llamado de las Rondas o celadores de las costas»* (Tallades, 2009).

Aus

Àguiles (*Aquila chrysaetos*)

Les àguiles, en general, eren considerades animals perniciosos per que

caçaven falcons, menjaven fruits i bestiar, i per a l'agricultura en general. Adesiara es preniën mesures per a la seva extinció (Bover i Rosselló, 2003). No obstant, s'ha de dir que el terme genèric àguila pot considerar distintes espècies.

L'àguila reial (*Aquila chrysaetos*) és una espècie extinta a Mallorca com a reproductora en la dècada de 1950.

1361, 5 juliol

Ramon Castellar «paredor d'àguiles» reclama 60 sous a Guillem Durban, Guillem Olesa, Bernat Cerdà, Bartomeu des Mas i Bernat Ferrer, de Valldemossa, «per III àguiles que aquí ha preses», per costum li deuen 20 sous cadescú (ARM AH 25, f. 52).

1497, 6 setembre

El Gran i General Consell acorda pagar 5 sous per cada àguila caçada.

1541, 8 gener

El Gran i General Consell trata el fet presentat per molts de conradors i demanen que es subvencioni la caça d'àguiles, com es feia antigament. Els animals nocius s'han multiplicat en gran quantitat.

1545, 12 desembre

Els jurats del Regne de Mallorca fan publicar una crida a on anuncien que pagan 5 sous per cada parell de peus o cap d'àguila.

Alosa (*Alauda arvensis*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus d'alosa, per tal d'exterminar-les. (Bover i Rosselló, 2003).

Alosa banyuda (*Eremophila alpestris*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus d'alosa banyuda («cogujada»), per tal d'exterminar-les (Bover i Rosselló, 2003).

Alova (*Galerida cristata*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus d'alova («totoví»), per tal d'exterminar-les.

Corbs (*Corvus corax*)

Vegeu també: pardals

Eren depredadors dels agres de falcons.

El 1316, 1319 i 1372 es pagaren als caçadors de corbs que feien mal als falcons (Bover i Rosselló, 2003).

S. XIV

A Pollença es caçaven corbs per tal de que no fecin mal (Mayol, 2008).

1426

Guillem Bausà rep 4 sous del clavari de Sencelles per pardals i corbs que havia mort (Rosselló i Vaquer, 1993).

1436

El clavari d'Inca paga 2 sous a Joan Febrer per 2 corbs que matà amb llaceres (Arxiu Municipal d'Inca. Llibre de Clavaria).

1497, 6 setembre

El Gran i General Consell acorda pagar un sou per cada corb que sia caçat (Rosselló i Bover 2003).

1530

Felip Torelló, clavari de Sineu, paga a diverses persones que han entregat peus de corbs (Mulet *et al.*, 1996).

1539

Guillem Guitard, clavari de Sineu, paga a diverses persones que han entregat peus de corbs (Mulet *et al.*, 1996).

1541, 8 gener

Com sia que els corbs s'han multiplicat el Gran i General Consell decideix remunerar als seus caçadors.

1543

El clavari de Selva paga al fill de Pere Morro de Mancor per 3 parells de peus de corbs (Rosselló i Albertí, 2003).

1544

El clavari de Manacor paga per parells de peus de corb (Rosselló i Vaquer, 1991).

1545, 12 desembre

Els jurats del Regne de Mallorca decideixen pagar 1 sou per cada parell de peus o el cap del corb.

1546

El clavari de Santa Maria del Camí paga «per peus de corp, 5 s.» (Capó, 1989).

1547, 12 juny

Els comptadors de la Universitat i el clavari de Felanitx passen comptes de les despeses. Pagaren 4 sous a n'Huguet per peus de pardals.

1556

El clavari de Santa Maria del Camí paga «per peus de corp, 3 s.» (Capó, 1989).

1571

El clavari de la vila de Campanet donava 2 sous a Joan Pasqual, del Molí, per dos parells de peus de corb, i 16 diners a Bartomeu Paieres i Miquel Capó per un parell de peus de corb i 4 parells de peus de pardal.

1573

A Felanitx es pagava 10 diners el centenar de peus de corb.

1579

El clavari de la vila de Campanet paga una lliura, 2 sous i 2 diners per peus de corbs i de pardals.

1603-1625

La Universitat de Felanitx anota en el seu llibre de comptes, les despeses «per a peus de corbs».

1604, 15 novembre

La Universitat de Felanitx paga 7 sous a Antoni Adrover per 7 parells de peus de corb.

1605, 29 abril

El clavari de la vila de Felanitx paga 7 sous a Antoni Adrover de Cas Concos per 7 parells de peus de corp que ha mort i entregats (Rosselló, 2007).

1608, 16 agost

La Universitat de Felanitx paga un sou a Miquel Barceló per dos peus de corb entregats.

1614, 10 agost

El clavari de Felanitx fa diversos pagaments a les persones que han presentat peus de corb (Rosselló, 2009).

1633

La Universitat de Felanitx paga a diverses persones per l'entrega de peus de corb.

1642, 14 agost

El clavari de Felanitx va pagar pels peus de corbs entregats (Rosselló, 2009).

1658, 31 juny

El clavari de Felanitx va pagar a diversos particulars que han presentat peus de corbs (Rosselló, 2009).

1660, 30 agost

El clavari de Felanitx va pagar 38 lliures, 8 sous, 10 diners a diversos particulars que han presentat peus de pardal, sól·leres, corbs (Rosselló, 2009).

1675

El clavari de Santa Maria del Camí paga «a Pere Canyelles, de Buc, 6 s. per peus de corb» (Capó, 1989).

1691, 27 maig

El clavari de Felanitx paga 4 sous a l'honor Bernat Obrador per peus de corb.

1703, 28 març

El clavari de Felanitx paga 2 lliures corresponent a vint parells de peus de corb aportats per diferents particulars (Rosselló, 2009).

1770

Despeses de la possessió de Galatzó.

Es compraren mitja lliura de pólvora i 1 lliura de perdigons per tirar als corbs que valgueren 6 sous i 6 diners.

1792

Es caçaren 123 corbs i es pagaren 18 lliures, 9 sous pel seus peus (Bover i Rosselló, 2003)

1793

Es caçaren 109 corbs i es pagaren 16 lliures, 7 sous pels seus peus (Bover i Rosselló, 2003).

1794

Es caçaren 38 corbs i es pagaren 3 lliures, 14 sous (Bover i Rosselló, 2003).

Esparver (*Hieraaetus pennatus*)

Josep Perelló i Sastre, garriguer de Marina Vell, d'Algaida

[S'esperevé : glosat / Pep Perelló Sastre [Manuscrit]. Algaida, 2[.] de mars de 1927. 15 p., en una llibreta de

S'han normalitzat les majúscules, i per la resta s'ha mantingut l'ortografia de l'autor.

Aquest esparvé va ser Arafat y eft se operación tal com diu, ses li penjaren un canonet de caña pes coll em un billet dedins que ideye lo siguiente.

Es qui Espriu Pep Perelló sastre, garrigué de Marina Vey des terma de Algaida, seria sobre les 12 dia de vuy cuant he trobat aquest esperevé que se menjava un poll que ell el via mort y en se ajuda de Juan Vich y Fiol l'hem Arafat y per castich li hem tayat ses uncles y es bech y l'hem tornat amollá perque pugue aná a murí allá ahon vulgué y qualsevol ppersona que mos entregui aquest billet el gratificarem en plata.

Adiós esperevé.

Falcons (*Falco* sp.)

1853, 21 desembre

«Avisos. Por cada Halcón (vulgo Falcó) que se entregue vivo o muerto a Miguel Bauzá, jabonero que vive en el Banco del Aceite, se gratificará con 20 rs. vn. Y con 10 si es polluelo» («El genio de la libertad».

1901, 10 maig

A la secció colomòfila de la revista «Palma ciclista» s'informa que «dice 'Un Pardo' en la 'Última hora': Contestando al corresponsal de 'Palma ciclista' en Manacor, que pregunta cuanto paga la Sociedad Colombófila por los halcones, debo decir que no sé que se haya

designado cantidad fija; pero si que existe un fondo para aquel objeto.

Sin perjuicio de contestarle otro día más concretamente, puedo decir que entre la Comandancia de Ingenieros, los aficionados a la 'escampadissa' y la Sociedad Colombófila pueden asegurarse diez pesetas por cada halcón».

1904, 28 maig

La Societat Colombòfila de Sóller vol exterminar els falcons pagant 20 pessetes per falcó comú o viatger, i pels peregrins si és adult, però si és petit, de niu, només es pagaran de 5 a 10 pessetes.

Inclou una llista de persones a que paguen: Damià Magraner, per cada falcó, 10 reials; el president del Círculo Sollerense, 10 reials, etc (Extret de: «Contra los halcones», publicat a «La Tarde», 28 maig 1904).

1950, 13 juny

Nota de la Federació Colombòfila Balear. En la Junta celebrada el passat 31 de maig «*se acordó proceder, por todos los medios posibles, a la eliminación de los halcones de las Islas Baleares*». Per això se gratificarà amb 50 pts. Per cada falcó reial caçat, anomenats solitaris, i amb 25 pts per cada un dels anomenats de penya o torter.

Per cobrar, serà suficiente presentar les cames i el cap («Felanitx» 13 juny 1950).

Gafarrons (*Serinus serinus*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus de gafarrons («verdecillos»), per tal d'exterminat-los (Bover i Rosselló, 2003).

Milans (*Milvus milvus*)

S. XIV

A Pollença es caçaven milans per tal de que no fecin mal (Mayol, 2008).

1907, 27 i 28 juny

El batle de Felanitx comunica al Governador de Mallorca que Miquel Antich i Rosselló li ha presentat un milà que ha caçat al qual li abona el que correspon segons el reglament de caça.

1907, 24 juliol

El batle de Felanitx comunica al Governador de Mallorca que Gabriel Villalonga li ha presentat un milà que ha caçat.

1915

L'Ajuntament de Sineu paga 4 ptes a Miquel Mates per un milà que matà a Son Gili.

Ocells menors

1792

Es caçaren 48.952 «*aves menores*» i es pagaren 203 lliures, 9 sous i 4 diners pels seus peus (Bover i Rosselló, 2003).

1793

Es caçaren 44.980 «*aves menores*» i es pagaren 208 lliures, 8 sous i 4 diners pels seus peus (Bover i Rosselló, 2003).

1794

Es caçaren 56.598 «*aves menores*» i es pagaren 235 lliures, 16 sous i 6 diners pels seus peus (Bover i Rosselló, 2003).

Oriol (*Oriolus oriolus*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus d'oriol («papahigo»), per tal d'exterminat-los (Bover i Rosselló, 2003).

Pardals o teuladers

1368

Es comunica als batles de Sencelles, Sant Joan i Castellitx que Bartomeu Esteve, de Sineu, havia esposat que els

jurats de dits llocs no li pagaven els diners que li devien «*per pardals que ha cassats e morts en cascuna de les dites parròquies*» (Rosselló 1985).

1369

Els clavaris de la vila d'Alcúdia reconeixen que «és degut a en Francesc Salvà per raó de resta que li era degut l'any 1398 per pardals que havia morts 1 lliura 8 sous 8 diners.

Ítem li és degut per la dita raó ço és per 200 pardals que metà l'any present de que mostrà los peus als jurats leván 1 lliura 6 sous» (Rosselló, 1999).

1386. 7 juliol

Bartomeu Esteve de Sineu reclama als jurats de Sencelles el que li deuen per peus de pardal que ha caçat i mort (Rosselló i Vaquer, 1993).

S. XIV

A Llucmajor es prengueren mesures per la lluita contra els pardals (Font i Obrador, 1978).

A Pollença els jurats de la vila molts d'anys subvencionaven la collida de pardals per evitar que no es mangessin els camps de blat. Per cada centenar de peus de pardal es donava un sou (Mayol, 2008).

1409

Joan Pont de Manacor rebé 10 sous per 167 pardals que matà el mes de febrer, i altres 103 el mes d'abril.

Pere Fuster, teixidor, rebé 3 sous per 51 pardals. Egons el llibre de clavaria de Manacor (Rosselló, 1979)

1410

Bernat Robí de Manacor, rebia 8 lliures i 12 sous per 868 pardals, a raó de 6 sous el centenar (Rosselló, 1979)

1414

El clavari de Sineu ha pagat diverses partides per peus de pardal.

1426

El clavari de Sencelles paga a Guillem Bausà per pardals morts el 1426 (Rosselló i Vaquer, 1993).

1432

Llorenç Truiol de Manacor entregà en diverses artides, 332 caps de pardal; Arnau Sanç i altres fadrins n'entregaren 25, i Bernat Domenge, també en companyia d'altres fadrins, n'entregaren 25 (Rosselló 1979).

1436

El clavari d'Inca, Bartomeu Estrany, paga:

2 sous a Jaume Forner per 100 parells de peus de pardal.

4 sous a la dona muller de Bartomeu Vicenç per 200 parells de peus de pardal.

2 lliure, 2 sous a Pere Tortosa per 1.100 parells de peus de pardal.

8 sous a Joan Terrassa per 175 parells de peus de pardal.

1 sou, 6 diners a Bartomeu Esteve per 40 parells de pardal.

4 sous a Joan Guerrer per 100 parells de peus de pardal.

2 sous a Jaume Comelles per 50 parells de peus de pardal.

20 sous a Pere Conrador per peus de pardal.

6 sous a salvador Prats, prevere, per 150 parells de peus de pardal.

1 sou a Joan Bordil per peus de pardal.

(Arxiu Municipal d'Inca. Llibre de Clavaria).

1437

Gabriel Gual ha rebut del Clavari de Felanitx, 6 sous per peus de pardal (Rosselló, 2008).

1458-1465

En els llibres de clavaría de Felanitx d'aquests anys s'anoten les despeses per matar pardals per ser considerats animals nocius (Rosselló, 2006).

1464, 2 agost

El clavari de Felanitx paga:

3 sous a un fadrí fill de Miquel Bordoy per peus de pardal.

2 sous, 6 dnens a Jaume Grimau, fill fe Mateu, per peus de pardals.

2 sous, 8 diners a un fadrí per peus de pardal.

1471

El clavari de Sineu ha fet diversos pagaments per peus de pardal.

1488

El clavari de Felanitx, Miquel Camps paga diverses partides a distintes eprsones que entreguen peus de pardals, entre les quals hi ha 1 sou i 6 diners donats a Bernat Ferrer de la Galera per 30 parells de peus de pardal (Rosselló, 1997).

1497, 6 setembre

«Com fos gran útil a la present Ciutat e terma de aquella e Regna» el Gran i General Consell acorda pagar 5 sous per cada centenar de peus de pardal, antigament se'n donaven 8 per centenar (Bover i Rosselló, 2003).

S. XV

A Lluçmajor es prengueren mesures per la lluita contra els pardals (Font i Obrador, 1978).

1500

El clavari de Manacor paga 20 sous a Simó Serra per 240 parells de pardals. I 1 lliura, 7 soud, 9 diners per altres 333 peus de pardals (Rosselló i Vaquer, 2001).

1501

El clavari de Manacor paga:

16 sous, 8 diners a Pere Rubí per 200 «parells de pardals e sorles»,

3 lliures, 15 sous a Sebastià Rigolf per 900 parells de pardals i de só·leres,

8 sous, 4 diners a Francesc Angelats per 100 parells de peus de parells,

1 lliura, 19 sous, 8 diners a Pere Ripoll per 482 parells de peus de pardal i de sl·leres

19 sous a Pere, esclau de Miquel Ballester per 115 parells de peus de pardal (Rosselló i Vaquer, 1991).

1514, 14 juny

El clavari de Felanitx paga 18 diners a Pere Oliver, fill de Pere Oliver de Moranta per 30 parells de peus de pardal. Més 2 sous a Rafael Ferrer per peus de pardal.

1514, 2 juliol

El clavari de Felanitx paga 2 sous a Antoni Cortal per peus de pardal.

Més 30 sous a Miquel Mesquida per 60 parells de peus de pardal.

1514, 10 juliol

El clavari de Felanitx paga

3 sous, 6 diners al fill de Joan Soler per peus de pardal

21 diners a Joan Mesquida per 35 parells de peus de pardal

1 sou, 6 diners a Gabriel Soler per 30 parells de peus de pardal

1 sou a Tomàs Vidal per 20 parells de peus de pardal.

1514, 30 juliol

El clavari de Felanitx paga:

3 sous a Antoni Abrines per 40 parells de peus de pardal.

Més 20 diners a Tomàs Serra per peus de pardal.

Més un sou a Nicolau Companyó per 20 parells de peus de pardal.

1514, 6 agost

El clavari de Felanitx paga 4 sous i mig a la muller d'Antoni Cortal per 30 parells de peus de pardal.

Més 6 diners a Pere Ferrer per 10 parells de peus de pardal.

1514, 10 setembre

El clavari de Felanitx paga 2 sous a Gabriel Soler per 43 parells de peus de pardal.

1514, 15 octubre

El clavari de Felanitx paga:

3 sous a Guillem Gat per peus de pardal.

Més 10 diners a Miquel Oliver per peus de pardal.

Més 5 sous a Tomàs Vial per peus de pardal.

Més 15 diners a Guillem Caldentey per 25 parells de peus de pardal.

Més 2 sous a Rafel Proens per peus de pardal.

Més 1 sou a Guillem Artigues per 20 parells.

1 sou a Bernat Vidal.

4 dous, 8 diners a Gabriel Soler.

3 sous i 6 diners a Antoni Soler.

1515, 26 gener

El clavari de Felanitx paga:

2 sous a Cristòfol Abrines per peus de pardal.

1515, 5 març

6 diners al fill de Cristòfol Companyó per peus de pardal.

1515, 22 març

2 sous a Bernat Oliver per peus de pardal.

1 sou i 8 diners a Simó Bordoy per peus de pardal (Rosselló, 1997).

1515, 11 abril

2 sous a Jaume Mesquida per peus de pardal.

1529, 6 juny

El consell municipal de Lluçmajor, exposa que *«los pardals fan en aquesta vila y terma de aquella gran mal y no hic ha ningú qui cas aquella y maiorment que sabent los casadós que sen dona poch salari y que nols ho val per ço vos o demanam quens aconselen»*.

S'acordà: *«Vist y entès tot lo consel la dita proposició en res no discrepant fonch determinat que se donen per cascun pardal hun diner o per los peus de aquells y dels hous de dos, hun diner. Emperò que lo clavari o lo qui pagarà aquells que primer sia tenut en pendre lo jurament si dits padals o ous si se són presos en lo terma de la vila o no, e si seran de altre terma se són presos en la terma de la vila o no, e si seran de altre terma que aquels no sian pagats, e si són del dit terma sian pagat a dita reho de hun diner lo pardal o peus, y de dos ous, hun diner»* (Font i Obrador, 1978).

1530

Felip Torelló, clavari de Sineu, paga a diverses persones que han entregat peus de pardals (Mulet *et al.*, 1996).

1535

Felip Torelló, clavari de Sineu, paga a diverses persones que han entregat peus de pardals (Mulet *et al.*, 1996).

1539

Guillem Guitard, clavari de Sineu paga a diverses persones que han entregat peus de pardals (Mulet *et al.*, 1996).

1541, 8 gener

El Gran i General Consell tracta que era pràctica i costum profitosa en la present illa «*que fossin cassats i morts los pardals, corps y àguiles y voltós per los quals animals és cosa notòria són inferits grans dans als fruyts y bestiar*». D'un temps ençà els caçadors no cacen aquets animals perquè no són degudament retribuïts i pagats i per això «han multiplicat en tan gran multitud». Es decideix que sien pagats com era costum (Rosselló, 1997).

1541

Pagaments fets per Antoni Riera, clavari de Sineu, per peus de pardals (Mulet *et al.*, 1996).

1543

El clavari de Selva paga al fill de Pere Morro de Mancor per 100 parells de peus de pardals (Rosselló i Albertí, 2003).

1544

El clavari de Manacor fa pagaments per peus de pardal (Rosselló i Vaquer, 1991).

1545, 12 desembre

Els jurats del regne de Mallorca decideixen pagar 5 sous per cada 100 parells de peus de pardal.

1547, 21 juny

Els comptadors i el clavari de la Universitat de Felanitx passen comptes per les despeses fetes. Han pagat 4 sous a n'Huguet per peus de pardal.

1549

Pere Garau i Damià Ginard, de Campos, rebien 5 sous i 10 diners corresponents a

42 parells de peus de pardal i 7 parells de peus de corp.

1549

Els jurats de Campos donaren 9 sous i 6 diners «*a un caçador de pardals estranger i són per 114 parells de peus de pardals li han cremat los jurats en dies passats*».

1551

Miquel Vanrell, de Campos, rebia 3 sous i 11 diners «*i són per 47 parells de peus de pardal*».

Pere Abram, de Campos, rebia 11 sous i 8 diners per 140 parells de peus de pardal.

Bernardí Benhajam, de Campos, rebia 5 sous i 9 diners per 65 parells de peu de pardal i un de corp.

En Prohens de Campos entregà 415 parells de peus de pardal.

1553

A Campos els jurats donaren 51 sous a Joan Torner de Ciutat corresponents a 636 parells de «*peus de pardals; que ha mort en nostra villa estos dies passats, los quals pardals li havem presos a raó de 8 sous lo centenar, encara que los acostumam pagar 8 sous 4 diners lo centenar ha fets los quatre diners de gràcies*».

1556

El clavari de Santa Maria del Camí paga «per peus de pardals, 1 diner» (Capó, 1980).

1556

El clavari de Manacor paga 21 sous, 9 diners a Arnau Ballester, llibertí, per peus de pardal (Rosselló i Vaquer, 1991).

1562

El clavari de Manacor paga a en Vallcanera 4 lliures, 3 sous, 4 diners per

990 parells de peus de pardal- (Rosselló i Vaquer, 1991).

1565

Marc Torelló, clavari de Sineu, paga a diverses persones que han entregat peus de pardals (Mulet *et al.*, 1996).

1571

El clavari de la vila de Campanet paga per 4 parells de peus de pardal.

1573

A Felanitx es pagaven 8 sous per centenar de peus de pardal.

1579

El clavari de la vila de Campanet paga pels peus de pardal que li han entregat.

1582, maig

El clavari de Felanitx paga a Bernardí Ballester, de cas Concs, 4 sous, 2 diners, per peus de pardal.

1586

El consell de Lluçmajor, presidit pel batle Bernat Clar de la Mata mana que es «tapin els los forats de la Iglesia y del campanar». I es mana fer una crida que tots aquells que tinguin forats a les cases aon puguin covar pardals els tapin.

Per altra banda, els qui matin pardals rebran un diner per cada parell de peus (Font i Obrador, 1978).

S. XVI

El clavari de Muro passa comptes del que ha gastat.

6 sous, 6 diners per peus de pardal i un peu de llop.

1 sou, 8 diners per altres peus.

1 sou, 20 diners per altres peus.

1 lliura, 8 sous, 4 diners per peus de pardal.

5 sous per peus de pardal.

4 sous per peus de pardal.

11 sous, 8 diners per peus de llop (Fiol *et al.*, 1991).

Llop: animal nociu no identificat amb exactitud.

1603-1625

La Universitat de Felanitx anota en el seu llibre de comptes, les despeses «per a peus de pardals».

1604, 15 novembre

La Universitat de Felanitx fa diversos pagaments per peus de pardal.

1614, 8 agost

El clavari de Felanitx paga 6 sous a Antoni Adrover per sis parells de peus de pardals caçats.

1614, 8 novembre

El clavari de Felanitx paga 6 sous a Antoni Obrador, fill de Joan, per sis dotzenes de peus de pardals caçats.

1614, 10 agost

El clavari de Felanitx fa diversos pagaments a les persones que han presentat peus de pardal (Rosselló, 2009).

1616, 16 juliol

El clavari de Felanitx paga 13 sous i 6 diners a Ramon Obrador per peus de pardals caçats.

1616, 10 setembre

El clavari de Felanitx paga 4 sous i 2 diners a Ramon Obrador per peus de pardals caçats.

1616, 12 desembre

El clavari de Felanitx paga 4 sous i 6 diners a Jaume Nicolau per peus de pardals caçats.

1633

La Universitat de Felanitx paga a diverses persones per l'entrega de peus de pardal.

1636, 9 gener

El clavari de Felanitx paga 1 sou i 2 diners a la viuda d'Andreu Obrador per peus de pardal.

Més paga 2 sou i 12 diners a la viuda de Pere Obrador per peus de pardal.

1636, 25 juliol

El clavari de Felanitx paga 1 lliura, 2 sous i 10 diners a Andeu Obrador i Jaume Obrador per peus de pardal.

1636, 24 agost

El clavari de Felanitx paga 5 sous i 6 diners a Jaume Obrador per peus de pardal (Rosselló, 2008b).

1639, 26 juny

La Universitat de Felanitx paga 25 lliures, 14 sous, 6 diners a diverses persones per l'entrega de peus de pardal i sól·leres.

1642, 14 agost

El clavari de Felanitx va pagar pels peus de pardals entregats (Rosselló, 2009).

1652, 15 novembre

La Universitat de Felanitx paga 24 lliures, segons els albarans de particulars que han entregats de peus de pardal i sól·leres.

1658, 31 juny

El clavari de Felanitx va pagar 14 lliures, 4 sous a diversos particulars que han presentat peus de pardals, sól·leres, corbs (Rosselló, 2009).

1660, 30 agost

El clavari de Felanitx va pagar a diversos particulars que han presentat peus de pardal (Rosselló, 2009).

1699

El clavari de Muro, Pere Mateu, fill de Bartomeu, paga a diversos particulars: 5 sous, 6 diners per peus de pardal.

1 lliura, 8 sous 4 diners per peus de pardal. 5 sous per peus de pardal.

4 sous per peus de pardal.

11 sous, 8 diners per peus de pardal (Fiol *et al.*, 1991).

1751, 26 abril

El capità general de Mallorca, a instància dels clavaris i síndics de la part forana que han exposat el gran dany que causen els gorrions als sementers de blat i ordi, proveeix que les persones que matin 4 gorrions i presentin els caps o els peus als jurats de les seves respectives viles, cobrin un dobler cada vegada.

1656, 14 agost

El clavari de Felanitx va pagar 14 lliures, 6 sous i 2 diners a diversos particulars per peus de pardals.

1776, 11 març

Reial orde i crida ordenant la caça, "*sin que se altere la costumbre que haya en algunos, de usar de la escopeta para la extinción de gorriones, y resguardo de frutos, con nuestro permiso*".

1792-1794

Es pagaven a dobler cada 4 peus de gorrions, per tal d'exterminar-los (Bover i Rosselló, 2003)

Pinsans (*Fringilla coelebs*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus de pinsans, per tal d'exterminar-los (Rosselló i Bover).

Sól·leres (*Emberiza calandra*)

1501

El clavari de Manacor paga per parells de peus de sól·lera (Rosselló i Vaquer, 1991).

1633

La Universitat de Felanitx paga a diverses persones per l'entrega de peus de sól·leres.

1639, 26 juny

La Universitat de Felanitx paga a diverses persones per l'entrega de peus de sól·leres.

1642, 14 agost

El clavari de Felanitx va pagar 16 lliures, 6 sous, 2 diners pels peus de sól·leres, corbs i pardals entregats (Rosselló, 2009).

1652, 15 novembre

La Universitat de Felanitx paga a diversos particulars que han entregats de peus de sól·leres.

1658, 31 juny

El clavari de Felanitx va pagar a diversos particulars que han presentat peus de sól·leres (Rosselló, 2009).

1656

El clavari de Felanitx paga a diverses persones per peus de sól·leres.

1660, 30 agost

El clavari de Felanitx va pagar a diversos particulars que han presentat peus de sól·leres (Rosselló, 2009).

Teuladers (*Passer domesticus*)

1501, juliol

El consell municipal de Manacor paga una partida a Pere, esclau de Miquel Ballester, propietari de la Real, per exterminar teuladers.

Verderol (*Carduelis chloris*)

1792-1794

Es pagaven a doblar cada 4 peus de verderons o verderols per tal d'exterminar-los (Bover i Rosselló, 2003).

Voltors (*Aegypius monachus*)

1370, 13 març. Pollença

«Jo Barthomeu Andreu, clavari, doní disapte, a 13 de mars, an Barth[omeu] Jordà per I voltó, e portà los peus en la casa de la Almoyna de Pollença».

Bartomeu Jordà era orxeller d'ofici i un reconegut cercador de falcons (Rotger 1897; Rullan 1874).

S. XIV

A Pollença es caçaven voltors per tal de que no fecin mal (Mayol, 2008).

1541, 8 gener

Com sia que els voltors fan grans danys als fruits i bestiar, el Gran i General Consell decideix que els caçadors sien pagats com era costum antigament (Rosselló i Bover, 2003).

1792

Es caçaren 28 voltors i es pagaren 4 lliures, 4 sous pels seus peus (Bover i Rosselló, 2003).

1793

Es caçaren 12 voltors i es pagaren 1 lliura, 16 sous pels seus peus.

1794

Es caçaren 5 voltors i es pagaren 15 sous pels seus peus.

Mamífers

Fagina (*Martes cf. foina*, *Martes martes*)

1915

L'Ajuntament de Sineu paga 3,75 ptes., a Joan Ferriol i Pieres per una «*garduïna*» que va matà a Son Rossinyol.

Semblant pagament a Rafael Real Sbert per una fagina caçada a Son Tei.

Geneta (*Genetta genetta*)

La geneta estava considerada com un depredador dels nius de falcons, i dels corral amb aus domèstiques.

1341

Una geneta ocasionà danys a un niu de falcons, a on deixà la seva femta (ARM Reial Procuració 3413, f. 53).

Gat salvatge (*Felis silvestris*)

Habita sempre solitari caçant petits quadrúpedes.

1907, 7 juliol

El batle de Felanitx comunica al Governador de Mallorca que ha pagat 3,75 pessetes a Miquel Obrador i Sagra per una pell de “*gato montés*” que ha caçat.

1915

“*Este año el Ayuntamiento [de Sineu] ha pagado 3,75 ptas a Juan Ferriol Pieras por haber presentado un gato montés*”, caçat a Son Rossinyol.

Semblant pagament a Joan Vives i Perelló per un moix salvatge caçat a Defla.

Semblant pagament a Bartomeu Munar i Horrach per un moix salvatge caçat a la Ritxolada.

Rates (*Ratus norvegicus* i *Rattus rattus*)

Per a la seva caça s'emprava el ca rater o ca ratoner, avui una raça autòctona molt apreciada. No sol tenir coa i és molt hàbil per caçar rates.

Les rates podien produir mals en els animals domèstics o als depòsits de gra. També afectaven en les collites de fruita en general, raïm, etc.

Les rateres metàl·liques se localitzen en els inventaris de les cases de possessió.

1320, 25 setembre

Despeses del castell d'Alaró.

Ítem paguen «*an Antoni, manià, per I ratera quens feu nova e per I ratera quens adobà, IV sous*» (Lluís Savador, 1994).

1327

Les rates damnifiquen la sacristia de la Seu.

«*Ítem pague an G. Vilar, fuster, oer III dies en los quals obra en la sacristia e adobà armais e les caxes dels draps qui seren afluxades e entraven les rates*» (Sastre, 1994).

1329

Despeses de la Seu.

«*Ítem costa I^a verga de ferre que fiu fer a ops de I^a taula den curtinar per so cor rates trencaven les cordes, 2 sous*» (Sastre, 1994).

1333

Despeses de la Seu.

Paguen a P. Rosselló «*per raon dels dits orges nous que avia adobbats los quals rates avien gostats e foradats en mots canons*» (Sastre, 1994).

1346, abril

El lloctinent Felip de Boil mana al batle de Lloseta que davant el perill de les moltes rates que fan als blats i sembrats

«gran dapnatge e pestilentia», ordena que matin i agafin «ab loses e ab tot altre enginy» i que facin «prende e matar les dites rates» (Capó, 1985).

1414, 24 febrer

Inventari post mortem dels béns d'una casa de Muro a on s'hi troba una ratera dolenta (Rosselló, 2003).

1432

Anotacions del libre de clavari de Manacor.

Hi havia una plaga de rates a Manacor.

Les persones que mataren rates foren pagades a raó d'un sou el centenar.

Relació de persones que mataren rates i el nombre de rates mortes:

| | |
|---------------------|-------|
| Bartomeu Reixac | 840 |
| Bernat Riera | 570 |
| Fra Fuster | 2.070 |
| Un altre | 100 |
| Salvador Esplugues | 2.080 |
| Pere Xamena | 587 |
| Jaume Esteve | 230 |
| Bartomeu Miquel | 530 |
| Pere Xavari | 73 |
| Guillemó Colell | 879 |
| Tomàs Puig | 1.250 |
| Joan Domenge | 530 |
| Bartomeu Morro | 800 |
| Antoni Domenge | 200 |
| Joan Binimelis | 550 |
| Jaume Santceloni | 350 |
| Julià Nebot | 200 |
| Mateu Nivorro | 600 |
| Marc Ballester | 100 |
| Bartomeu Santceloni | 100 |
| Pere Ballester | 100 |
| Guillemó Ferrer | 190 |
| Pere Girart | 200 |
| Antoni Joan | 110 |
| Joan Alaix | 100 |
| Llorenç Proens | 200 |
| Bernat Rubí | 500 |

| | |
|-------------------|-------|
| Bernat Sabater | 250 |
| Pasqual Albert | 400 |
| Pere Mariner | 450 |
| Llorenç Torrent | 500 |
| Jaume Fuster | 435 |
| Françoi Puig-gros | 450 |
| Bonanat Comes | 1.050 |
| Joan Sanç | 550 |
| Antoni Ballester | 1.000 |
| Antoni Caplong | 550 |
| Gabriel Camplong | 350 |

1505. Any de fam.

Hi ha una plaga de rates a tot Mallorca.

En el terme de Lluçmajor es mataren 5.700 rates per 17 caçadors, els quals cobraren per la seva feina 11 lliures, 17 sous, 8 diners.

El 25 d'abril pagaren a Jaume Mas, Miquel Tomàs, Joan Pons, Rafel Sa Noguera, Gabriel Clar i Damià Salvà «per dos milia e tres centes e vint e sinch coes de rates» (Font, 1978).

1509. Any de fam.

Hi ha una plaga de rates a tot Mallorca.

Entre el 9 i el 22 d'abril es pagaren per 1.550 rates a Julià Vidal, Gabriel Tomàs i Joan Roig, de Lluçmajor, 1 lliura 11 sous (Font, 1978).

1509. Any de fam

Hi ha una plaga de rates a tot Mallorca.

Pagaren 8 sous a gabriel Tomàs de Lluçmajor, «son per ocasió de quatre sentes coes de rates» (Font, 1978).

1517

Inventari de la possessió de Son Valentí de Banyalbufar.

En el rebost s'hi troba «una ratera de ferro» (Albertí *et al.*, 2002).

1672

Inventari de la possessió de Guimerà de Lluçmajor. Hi ha «una ratera de pendre rates» (Font i Obrador, 1982).

1676, 1 juliol

Inventari dels béns de Miquel Estrany, fill de Bartomeu, rebut per la seva viuda Maria Pons.

A la possessió de Son Estrany de Cas Concos s'hi troba una ratera d'agafar rates.

1714, 18 juliol

Inventari de la possessió de Biniferri de Lluçmajor.

S'hi troba «una retera de ferro» (Font, 1982).

Bibliografia

- Albertí, J., Rosselló, R. i Vibot, T. 2002. *Son Valentí, Son Balaguer, Ses Mosqueres : una història, un territori*. Banyalbufar: Associació Cultural Bany-Al-Bahar.
- Bover, J. i Rosselló, R. 2003. La falconeria a les Balears: s. XIII-XV. Campos. Impr. Roig.
- Capó i Villalonga, J. 1985. *Història de Lloseta. V. primer. De la prehistòria al segle XVI*. Mallorca.
- Capó i Juan, J. 1980. Història de Santa Maria del Camí. Volum rimer: De la prehistòria al segle XVI. Mallorca : l'autor
- Colom, H. 1990. Los últimos alimañeros de Mallorca. En: *Brisas: magazine de Última Hora y Baleares*, 13: 10-13
- Fiol, P., Rosselló, R. i Payeras, D. 1991. Història de Muro. Volum IV: 1516-1715. Dins: *Història de Muro*. Muro : Ajuntament de Muro 113-260
- Font i Obrador, B. 1978. *Historia de Lluçmajor. V. 3: El siglo XVI*. Mallorca: Gràf. Miramar.
- Font i Obrador, B. 1982. *Historia de Lluçmajor. Volumen cuarto: El siglo XVII*. Mallorca : Gràf. Miramar.
- Joly, Joseph Romain, frère, 1784. *La géographie sacrée et les monuments de l'histoire sainte / lettres du P. Joseph-Romain Joly ; avec des planches et des cartes géographiques*. Nouvelle édition augmentée d'une table géographique de tous les lieux don't il est fait mention dans la Bible, i de l'histoire naturelle de l'Écriture-Sainte : enrichie d'un grande nombre de planches. A Paris : chez Alexandre Jombert, jeune, libraire, rue Dauphiné, 1784
- López de Ceballos, J. 1976. La caza de alimañas. Dins: *Enciclopedia Salvat de los deportes*. Barcelona : Salvat, 8: 2127-2132.
- Lluís Salvador, Arxiduc d'Àustria. 1994. *Els castells roquers de Mallorca: història i llegenda*. Palma: Cort, 1994 reimpressió.
- Mayol i Llompert, A. 2008. La festa a l'època medieval: 1350-1459. Pollença: El Gall
- Mulet, B., Rosselló, R. i Salom, J.M^a. 1996. *Sineu aixeca una nova església: segle XVI*. Sineu : Ajuntament de Sineu.
- Ordinas, A., Ordinas, G. i Reynés, A. 1994. La caça de la salvatgina a Mallorca. *El Mirall*, 66: 103-105.
- Rosselló Vaquer, R. 1980. *Notes per a la història de Deià (IV): segles XIII-XVI*. Mallorca.
- Rosselló Vaquer, R. 1985. *Sant Joan : segles XIII-XVI*. Sant Joan: Ajuntament de Sant Joan.
- Rosselló Vaquer, R. 1997. Noticiari de Felanitx 1228-1599. Felanitx: Gràfiques Llopis.
- Rosselló Vaquer, R. 1999. Documentari. Dins: *Història d'Alcúdia: el segle XVI*. Alcúdia. Ajuntament d'Alcúdia, 265-353.
- Rosselló Vaquer, R. 2003. Noticiari de castell-Llubí. II. Llubí: Ajuntament de Llubí.
- Rosselló Vaquer, R. 2006. *L'estada del Príncep de Viana a Mallorca*. Mallorca. 15.
- Rosselló Vaquer, R. 2008. *Noticiari de Felanitx: 1228-1600*. Felanitx.
- Rosselló Vaquer, R. 2007. Noticiari de Cas Concos. Felanitx : Gràfiques Llopis, 36.
- Rosselló Vaquer, R. 2008b. Noticiari de cas Concos II. Felanitx.
- Rosselló, R. i Albertí, J. 2003. Història de Selva (1229-1600). Selva : Ajuntament de Selva.

- Rosselló, R. i Vaquer, O. 1991. *Història de Manacor: el segle XVI*. Mallorca.
- Rosselló, R. i Vaquer, O. 1993. *Història de Sencelles i Costitx, 1229-1600*. Palma: Govern Balear, Conselleria de Cultura, Educació i Esports.
- Rotger, M. 1897. *Historia de Pollença*. Palma. Amengual y Muntaner (edit.).
- Rullan, J. 1874. *Historia de Sóller en sus relaciones con la general de Mallorca*. Palma. Felipe Guasp.
- Sastre Moll, J. 1994. *El primer llibre de fàbrica i sagristia de la Seu de Mallorca, 1327 a 1345*. Mallorca : Cabildo de la Seu.
- Tallades Venrell, F. 2009. *Historia de Campos*. Campos: Ajuntament de Campos. Palma. Institut d'Estudis Baleàrics.

Anàlisi diacrònica (1956-2010) de la fletxa litoral de El Rompido (Huelva) a través de SIG: afecció antròpica en la seva evolució morfosedimentària

Cristian MESTRE-RUNGE, Javier PIERAS-SAGARDOY i Rafel ROSSELLÓ-MELIS

SHNB



SOCIETAT
D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES
BALEARS

Mestre-Runge, C., Javier Pieras-Sagardoy i Rosselló-Melis R. 2016. Anàlisi diacrònica (1956-2010) de la fletxa litoral de El Rompido (Huelva) a través de SIG: afecció antròpica en la seva evolució morfosedimentària. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 129-145. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

La fletxa de El Rompido és una formació litoral situada a la costa de Huelva (Espanya), caracteritzada pel seu dinamisme sedimentari, condicionat per una sèrie de factors dinàmics. En el present article s'analitza l'evolució morfològica per al període 1956-2010 així com les actuacions antròpiques que incideixen en ella. Per tal de dur a terme aquesta anàlisi s'han cartografiat les superfícies de la fletxa dels anys 1956, 1977, 1984, 1998, 2001, 2004, 2007 i 2010. Fins el 1977 el ritme de creixement anual era de 40,4 m/any. A partir d'aquest i fins el 1998 el ritme disminueix a 23,7 m/any. Finalment per al període 1998-2008 el ritme és de 11,25 m/any. La utilització de diferents fonts d'informació i el seu tractament a un SIG ha facilitat el seu anàlisi integrat i la quantificació dels canvis en termes de superfície.

Paraules claus: Fletxa litoral, evolució dinàmica, SIG, actuacions antròpiques.

DIACHRONIC ANALYSIS (1956-2010) OF EL ROMPIDO SPIT (HUELVA) THROUGH A GIS. ANTHROPIC CONSEQUENCES IN ITS MORPHOSEDIMENTARY EVOLUTION. El Rompido spit is a sandy littoral body located on the coast of Huelva (southeast of Spain), characterized by its sedimentary dynamism and conditioned by diverse dynamic factors. In this paper the morphological evolution is analysed from 1956 to 2010, as well as the influence of the anthropic infrastructure existing near the spit. In order to carry the analysis out it has been mapped the spit surface of the following years: 1956, 1977, 1984, 1998, 2001, 2004, 2007 and 2010. Until 1977 the growth rate is 40,4 m/year. From this year to 1998 the growth rate was reduced to 23,7 m/year. Finally from 1998 to 2010 the rate decreased to 11,25 m/year. Different sort of data have been integrated in a GIS to facilitate the evolution of superficial changes.

Keywords: Littoral spit, dynamic evolution, GIS, anthropic infrastructures.

Cristian. MESTRE-RUNGE, e-mail, christian8945@hotmail.com Javier. PIERAS-SAGARDOY, e-mail, javier_pieras@hotmail.com i Rafel. ROSSELLÓ-MELIS, e-mail, rafel_rm@hotmail.com Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Carretera Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma.

Autor de correspondència, rafel_rm@hotmail.com

Recepció del manuscrit: 7-nov-16; revisió acceptada:30-des-16.

Introducció

Les platges constitueixen el medi sedimentari costaner més dinàmic (Benavente *et al.*, 2015). En aquests ambients es desenvolupen estructures morfosedimentàries en forma de fletxa, caracteritzades per ser una platja unida a terra per un punt que creix aproximadament en la direcció de la costa abans de l'entrant, tendint a tancar-lo i, regularitzar el traçat costaner.

Els sistemes de fletxes litorals desenvolupats en el Sud peninsular, corresponen en general, al model de barreres progradants caracteritzats per l'existència de múltiples cordons de platges i crestes foredune (Clifton i Hunter, 1982). La seva generació està marcada per l'existència d'una corrent de deriva (Rodríguez *et al.*, 2000), degut a l'onatge i del vent, a més de les aportacions sedimentàries al·luvials i les marees, tot i que la importància relativa és diferent per a cada variable. Nogensmenys, existeixen altres variables que influeixen en l'estat morfodinàmic d'una platja i que no estan controlades exclusivament per la hidrodinàmica generada per les ones i marees. Aquestes estan relacionades amb les característiques locals i regionals on s'ha format i desenvolupat (Benavente *et al.*, 2015), pel que es podria considerar com a condicions o característiques estructurals.

Entre dites característiques destaca la proximitat a las àrees fonts de sediment, la disponibilitat del mateix (Benavente *et al.*, 2015). D'altra banda, l'actuació antròpica manifestada en presses, ports, dics..., es considera també una variable estructural que condiciona el desenvolupament de la formació, accelerant les tendències naturals.

El fet que les partícules sedimentàries dels sistemes arenosos presentin una no cohesió esdevé un factor important per la

variabilitat continua de la geometria d'aquests sistemes. Aquesta variabilitat es tradueix bé en retrogradació o bé en progradació, que en el present estudi s'analitza a partir d'un SIG. En base a García i Cáceres (2012) que apliquen l'eina Digital Shoreline System (DSAS), s'han establert els períodes d'estudi per tal de poder comparar els resultats de l'anàlisi diacrònic.

A través de l'estudi de Borrego *et al.* (1992), que estableix la relació entre actuacions antròpiques i el règim sedimentari costaner, s'aporten dades quantitatives que analitzen la relació. Ojeda i Vallejo (1995) realitzen un anàlisi morfomètric i estableixen dos models d'evolució marcant l'any 1980 com a data clau en el canvi de model. Utilitzen diferents fonts d'informació tractades amb els instruments SIG.

La fletxa de El Rompido

La fletxa litoral de El Rompido es situa al SW de la península Ibèrica a la costa central del Golf de Cadis, concretament a la desembocadura del riu Piedras (Lepe, Huelva) (Fig. 1). Aquest tram litoral subjeu en la influència i particularitat del context macroestructural, entre la placa africana i europea sotmeses a un permanent i inconclús procés d'aproximació (Aubounin *et al.*, 1980), que es manifesta en una activitat sísmica actual especialment important (Udias *et al.*, 1976).

Com a conseqüència d'aquesta compressió i posterior distensió tectònica – a començaments del Quaternari (Ojeda, 1988) – se'n deriven dues macroestructures. Per una banda, es troben els grabens de la Serralada Bètica (SE) i l'Altiplà Ibèric (NW), mentre que la depressió bètica es situa entremig. Aquest fet geològic

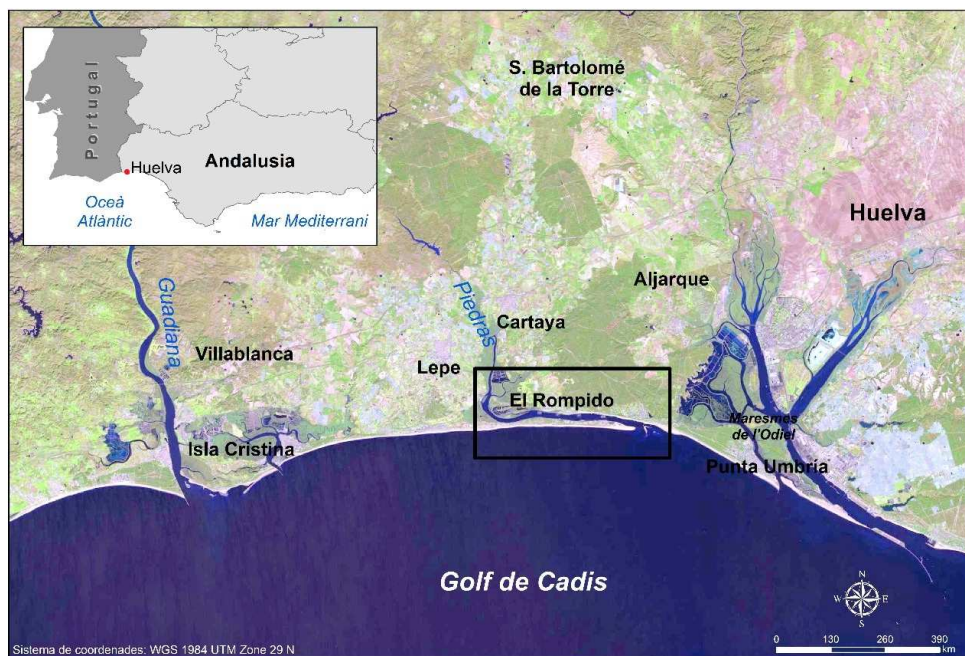


Fig. 1. Localització fletxa de El Rompido.

Fig. 1. Location of El Rompido spit.

determina la presència dels cursos fluvials, en el cas, la conca del Piedras.

En aquesta regió existeix una gran xarxa de fractures tan de component NS com d'EW, que deriven en una complexa tipologia litoral –maresmes, platges, penya-segats, fletxes litorals, etc.-, animada per una dinàmica litoral molt potent (Ojeda, 1988). Concretament, la zona del present estudi es troba situada entre les fractures NS corresponents als rius Tinto i Odiel i les fractures de component EW del sector Huelva-Algarve occidental.

Wright *et al.* (1979) apuntaren de la importància de subministrament sedimentari i dels condicionaments geològics en el comportament de les platges. La font de subministrament sedimentari de la part occidental del Golf de Cadis resideix en les aportacions del riu Guadiana, fet que pot

modificar la morfologia de la fletxa litoral en qüestió d'hores o dies. No obstant, els condicionaments geològics estableixen uns límits en les variacions morfològiques. A la zona de El Rompido les aportacions depenen també, a part de l'aportació al·luvial del Guadiana, d'altres factors tals com: erosió dels penya-segats circumdants i la presència d'arenas antelitorals (Bettencourt, 1985). Així mateix, l'extensió superficial, la seva disposició longitudinal i la complexa morfologia interna (canals, estuaris...) contribueixen, junt amb una major connexió amb les aigües marines a través de nombrosos canals dinamitzats per potents corrents de marea, a individualitzar un singular sector litoral d'un gran atractiu geomorfològic.

Així mateix, aquests factors han originat la formació singular de les illes-barrera. A

la proximitat de la desembocadura l'evolució d'aquestes illes barreres ha estat espectacular, fins arribar a tancar la major part dels canals de marea de les històriques barres. D'aquesta forma, s'han constituït les actuals maresmes, que les individualitzen, i conformà una continuada formació arenosa des de Isla Cristina fins a la fletxa de el Rompido, originalment una illa barrera més.

Factors dinàmics

Com indica Borrego *et al.* (1994), els processos hidrodinàmics tals com el règim mareal, onatge i aportacions fluvials són els que marquen les pautes de l'evolució sedimentària. A més, cal tenir en compte el factor eòlic i les aportacions sedimentàries provinents de la plataforma continental, que també condicionen al sistema.

Règim mareal

Pel que fa a l'amplitud de l'oscil·lació mareal i la seva repercussió en el perfil de la platja es distingeixen tres tipologies: micromareal amb una carrera de marea mitjana <1 m; mesomareal entre 1 i 3,5 m i macromareal per damunt 3,5 m (Hayes, 1979). L'àmbit d'estudi està sotmès a un règim de tipus mesomareal semidiürn amb una lleu desigualtat diària (Davies, 1964) i amb un interval mitjà de poc més de 2,075 m (mitjana anual establerta a partir de les dades extretes de <http://www.puertos.es/>). No obstant, en períodes de baixes pressions i temporals es poden produir sobreelevacions del nivell del mar superiors al nivell esmentat, arribant als 3,6 m durant les marees vives (Borrego i Pendón, 1989). Tenint en compte que la macromareal es tradueix en un aplanament del perfil de la platja i que la micromareal –característic del mediterrani – es tradueix en una pendent del perfil més elevada (Benavente

et al., 2015) es conclou que la mesomareal presenta una pendent de perfil suavitzada.

Aquestes característiques atorguen un paper significatiu a la marea en els processos litorals a través de les corrents associades a aquesta, que s'intensifica a la línia de costa de El Rompido i a les maresmes del riu Piedras. Aquest moviment de marea és contrari a la propagació de la marea que puja en sentit SE-NW provinent de l'estret de Gibraltar (Pendón, 1999).

Règim d'onatge i el factor eòlic

La zona està exposada al pas de les coes de les borrasques atlàntiques, caracteritzada per la influència de vents del tercer quadrant (SW), que deriva en un onatge procedent del mateix component. D'aquesta forma, la zona es troba sotmesa a l'onatge de fons (swell) i disposa d'una gran superfície oceànica per produir l'onatge (fetch) a través d'aquestes baixes pressions. Molt associat a aquesta variable es troba la deriva litoral que, com a corrent induïda per l'onatge, la zona presenta una component energètica positiva cap el Llevant (Ojeda, 1988).

El vent de component W (mitjana establerta entre l'any 1958 i 2015, a partir de les dades extretes de <http://www.puertos.es/>) actua directe sobre la platja alta (backshore) de la fletxa, desglossat en NW i SW amb una velocitat mitjana de 5 ms⁻¹. La força eòlica fa que les partícules sòlides siguin fàcilment transportades degut a la seva pèrdua d'humitat. No obstant, la major part del transport sòlid de partícules fines es realitza per l'onatge (Pérez Mateos *et al.*, 1982) i per la deriva.

Vent i onatge dominants de component SW determinen una deriva litoral que discorre paral·lela en la línia de costa en sentit WE, arrossegant cap a la fletxa les

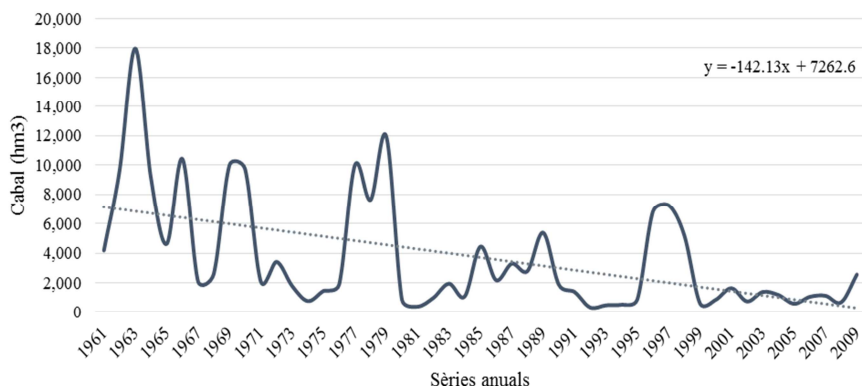


Fig. 2. Sèries anuals del cabal del riu Guadiana. Període entre 1961-2009. Font: Sistema Nacional de Infração de Recursos Hídricos de Portugal.

Fig. 2. Annuals series of the Guadiana flow rate. Period 1961-2009. Source: Sistema Nacional de Infração de Recursos Hídricos de Portugal.

aportacions al·luvials del riu Guadiana.

La zona queda relativament protegida de l'onatge, sobretot de component W degut a la morfologia litoral del sector més occidental – tram Cap St. Maria-Guadiana –. No obstant, queda desprotegit de l'onatge de component SW com a conseqüència d'un fetch atlàntic de gran recorregut oceànic, implicant que la deriva exerceixi sobre la mateixa línia de costa un grau d'obliquïtat de 45°, suposant una capacitat energètica i de transport màxima. Mentre que l'onatge de component SE és poc significatiu degut al seu escàs recorregut – proximitat a l'estret de Gibraltar-.

Aportacions fluvials

L'origen dels materials que conformen el litoral de Huelva és al·luvial, procedent del riu Guadiana (Da Silva i Fraïdias, 1997), volum de sediments del qual depèn directament del cabal que dugui el riu al llarg del seu recorregut i de la composició granulomètrica del sediment (Morales, 1995) citat a Da Silva i Fraïdias (1997). Segons la bibliografia consultada al

respecte, el volum de sediments fluvials aportats a la seva desembocadura varia. Morales (1995) l'estableix en 712.000 tn/any, mentre que el Servei d'Estudis d'Impacte Ambiental (SEIA, 1995) l'estableix en 636.042 tn/any (Da Silva i Fraïdias, 1997).

L'aportació fluvial mitjana és de 3709,28 hm³, per la sèrie d'anys compresa entre 1961-2009. Aquest valor és poc significatiu degut a la irregularitat en les aportacions, 330,67 hm³ (1992) com aportació mínima de la sèrie i, 17.983,23 hm³ (1961) com aportació màxima de la mateixa. Cal tenir en compte també, que la sèrie inclou anys als quals el cabal s'ha vist fortament disminuït per les preses construïdes i reforestacions (Confederación Hidrogràfica del Guadiana, 2015) que minimitzen processos erosius i acumulen més aigua precipitada. A més, es presenta un marcada estacionalitat en les aportacions líquides que es relacionen amb l'estacionalitat climàtica (Borrego *et al.*, 1994). Força d'aquests factors mostra una

tendència a la baixa d'aportacions al·luvials (Fig. 2).

Les característiques del sediment varien al llarg de la llera del Guadiana. A les zones altes, els valors de materials fins és molt elevat (84%), mentre a la desembocadura aquest representa un percentatge ínfim (8%). Pel que fa als materials arenosos evoluciona de manera inversa als fins, presentant valors baixos a les parts altes (16%) i elevats a la desembocadura (92%) (SEIA, 1995).

Per contra, el riu Piedras no aconsegueix canalitzar els sediments més gruixuts cap a la costa exposada, per presentar al seu tram final un escàs perfil longitudinal, prop del nucli urbà de Cartaya. Aquesta reduïda pendent origina que es formin petites illes de sediment degut a l'escassa velocitat de transport. Morales (com pers.) aquest afirma una quasi nul·la aportació sedimentària del Piedras al sistema costaner.

Aportació sedimentària oceànica

Respecte al paper que juga la plataforma continental, s'estén de forma suau fins els 100 metres de profunditat al llarg dels primers 60 km de costa. Cal destacar que representa una font de sediment, en el qual en aquest sector, segons dades del IGME hi ha present un substrat consolidat d'una xarxa de paleovalls actualment colmatats per sediments recents que en determinats sectors adquireixen espessors considerables (Ojeda, 1988).

Metodologia i materials

L'anàlisi morfodinàmic de la fletxa de El Rompido s'ha realitzat a través d'un SIG mitjançant el software ArcGis 10.1, i una

recerca qualitativa d'autors destacats esmentats a l'apartat introductor.

Pel que fa a l'anàlisi morfomètrica, s'han emprat ortofotografies dels anys 1956, 1977, 1984, 1998, 2001, 2004, 2007 i 2010 obtinguda de la *Red de Información Ambiental (REDIAM)* de la Junta de Andalucía. Degut a la manca de sèries temporals actualitzades, només s'han utilitzat les disponibles en línia, fins 2010.

A través de les ortofotografies s'ha procedit a la digitalització del perímetre de la formació de dita fletxa, que han permès dur a terme diversos anàlisis amb múltiples resultats (Figs. 3 i 4). S'han establert distints punts de control per estudiar la progració o la retrogració de la fletxa, localitzades a les següents coordenades UTM (Fig. 5):

-FA: X= -396081,96 Y= 4165715,11

-P: X= -393924,50 Y= 4165397,3

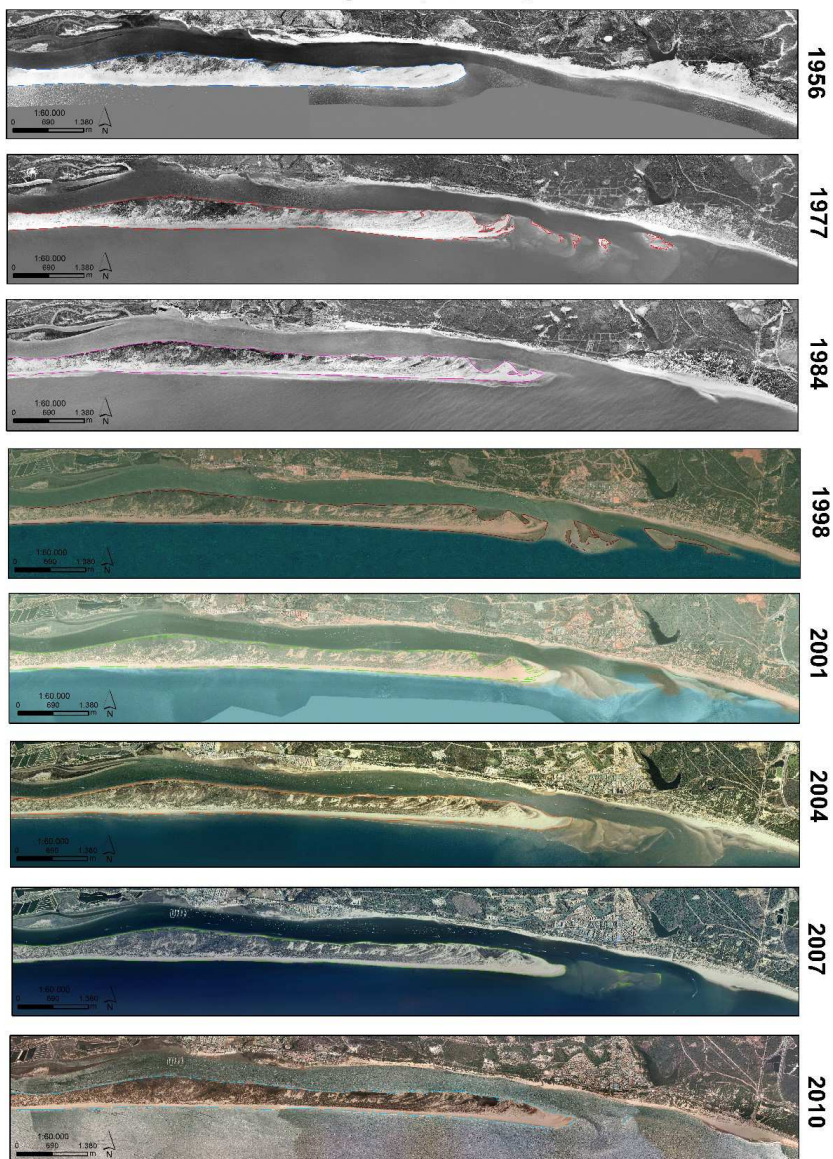
-C: X= -391736,28 Y= 4164999,9

L'evolució sedimentària de la fletxa s'ha calculat en funció del dinamisme d'un any respecte l'altre, és a dir, l'ortografia de 1977 respecte 1956 i successivament fins a finalitzar l'anàlisi diacrònica. D'aquesta manera s'ha calculat la progració o retrogració (m) i l'àrea (m²) de cada any digitalitzat (vegeu Fig. 6). S'han utilitzat aquests dos paràmetres per fer-les comparables amb altres estudis.

D'altra banda, per tal de corroborar l'efecte dels espigons sobre el règim sedimentari de la costa, s'han analitzat les direccions i altures significatives de l'onatge. Les dades s'han extret de la plana web puertos.es. Es tracta de 5 boies ubicades paral·lelament a la costa, d'O a E, s'enumeren:

- SIMAR 5026023
- SIMAR 5027023
- SIMAR 5028023
- SIMAR 5029023
- SIMAR 5030023

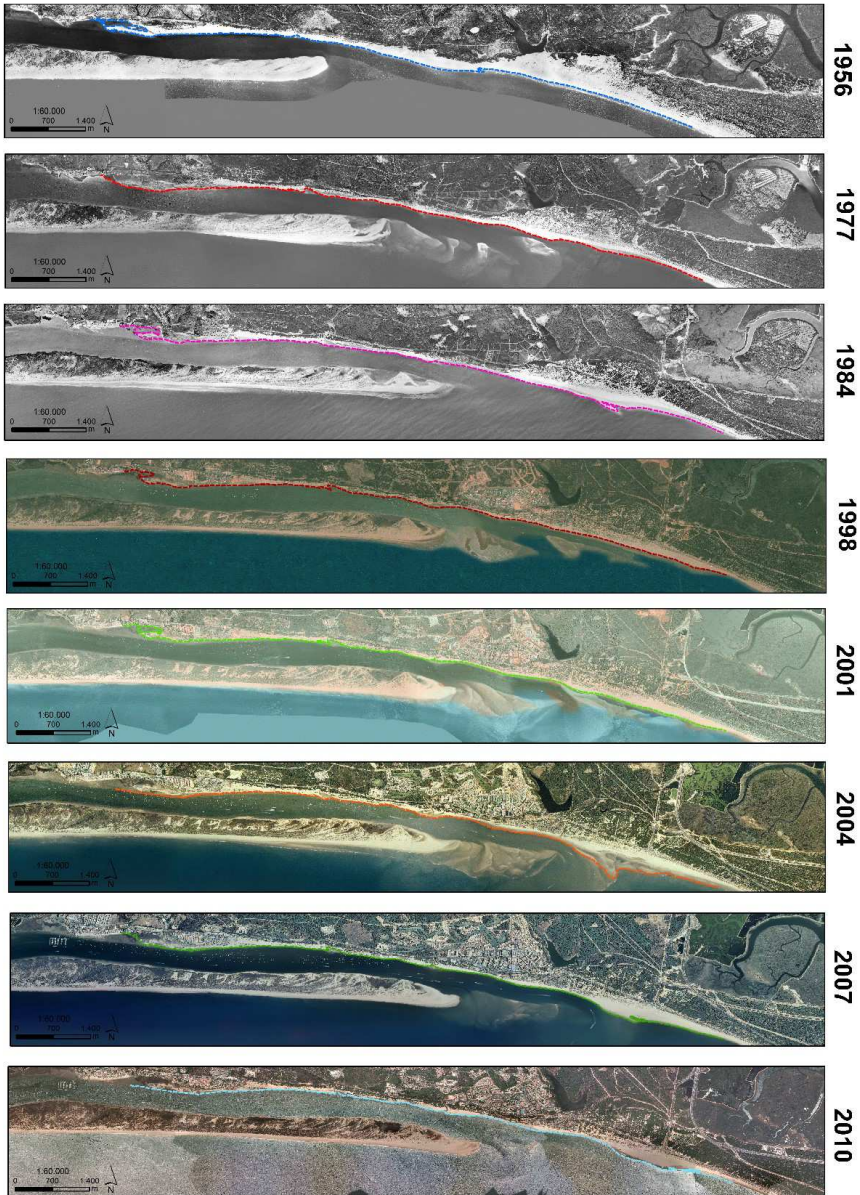
Evolució morfodinàmica de la fletxa litoral El Rompido (Huelva)



Sistema de coordenades geogràfiques: GCS_WGS_1984 Datum: D_WGS_1984

Fig. 3. Seqüències de l'evolució morfodinàmica de la fletxa de El Rompido.
Fig. 3. Morphodynamic evolution sequences of the El Rompido spit.

Evolució morfodinàmica del litoral del Portil *El Rompido (Huelva)*



Sistema de coordenades geogràfiques: GCS_WGS_1984 Datum: D_WGS_1984

Fig. 4. Seqüències de l'evolució morfodinàmica del litoral de El Portil.
Fig. 4. Morphodynamic evolution sequences of the El Portil coastline.



Fig. 5. Punts de control de l'anàlisi que permeten establir progradació o retrogradació de la fletxa.
Fig. 5. Monitoring points of the analysis which enable to establish progradation or retrogradation of the spit.

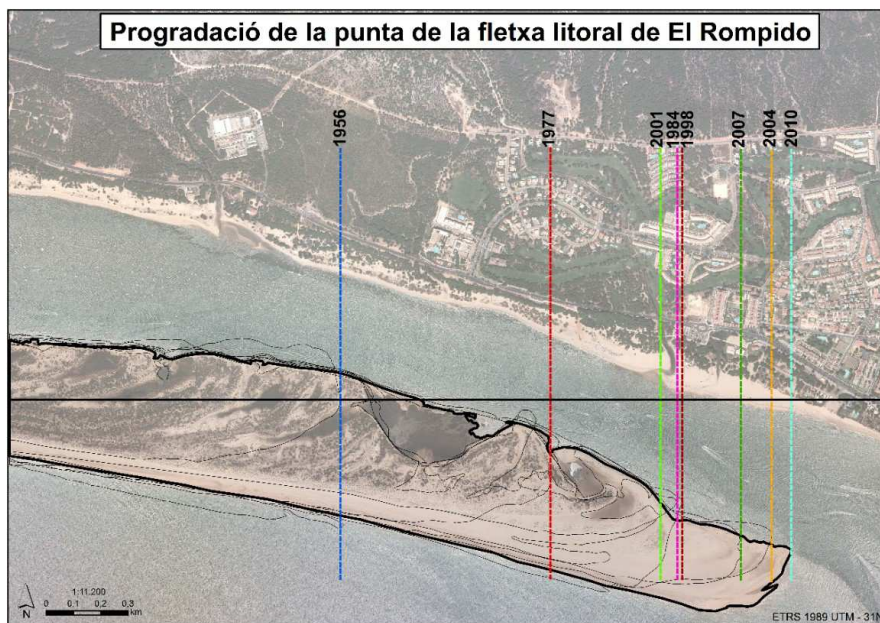


Fig. 6. Progradació de la punta de la fletxa litoral de El Rompido.
Fig. 6. Peak's progradation of the El Rompido spit.

Els valors de les boies expressen la mitjana del període comprès entre l'any 1958 i 2010.

Degut a la importància que determinats autors donen a l'aportació sedimentària del Guadiana en el dinamisme de la fletxa, s'han tractat dades de cabals d'aquest riu,

Taula 1. Resultats en metres dels punts de control FA i P.

Table 1. Results of monitoring points FA and P in meters.

| Anys | FA | P |
|------|------|---------|
| 1956 | 0 | 0 |
| 1977 | 166 | 769,42 |
| 1984 | -119 | 464,79 |
| 1998 | 68 | 19,84 |
| 2001 | -15 | -82,55 |
| 2004 | -0,3 | 409,41 |
| 2007 | 3 | -113,02 |
| 2010 | -7 | 185,75 |

extretes del servidor portuguès Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) amb l'objectiu de corroborar dita hipòtesi.

Resultats

A grans trets, segons els càlculs establerts, s'aprecia una evolució irregular de El Rompido. S'estableixen els següents resultats mesurats en metres, pels punts de control de la fletxa FA (façana atlàntica) i P (punta de la fletxa).

Analizant els resultats obtinguts (Taula 1) en general s'observa que la fletxa té una tendència progradant. No obstant, presenta anys de retrogradació. Pel que fa al punt de control FA, s'observa una retrogradació durant els anys 1984 respecte 1977 (-119 m); l'any 2001 respecte 1998 (-15 m); l'any 2004 respecte 2001 (-0,3 m) i l'any 2010 respecte 2007 (-7 m), mentre que durant els anys 1977 respecte 1956 (166 m); 1998 respecte 1984 (68 m) i l'any 2007 respecte 2004 (3 m) presenta una progradació. El punt de control P també presenta un desenvolupament irregular amb anys progradants i anys retrogradants. Quant els progradants són a l'any 1977 respecte 1956 (769,42 m); 1984 respecte 1977 (464,79

Taula 2. Resultats en metres del punt de control C.

Table 2. Results of monitoring point C in meters.

| Anys | C |
|------|------|
| 1956 | 0 |
| 1977 | 66 |
| 1984 | 104 |
| 1998 | -113 |
| 2001 | 33 |
| 2004 | 18 |
| 2007 | 150 |
| 2010 | -44 |

m); 1998 respecte 1984 (19,84 m); 2004 respecte 2001 (409,41 m) i l'any 2010 respecte 2007 (185,75 m). En canvi, la retrogradació succeeix entre l'any 2001 respecte 1998 (-82,55 m) i l'any 2007 respecte 2004 (-113,02 m)

Segons els càlculs establerts a la taula 2, la retrogradació de la costa continental s'esdevé durant els anys 1998 respecte 1984 (-113 m) i l'any 2010 respecte 2007 (-44 m). La resta d'anys presenten una progradació en major o menor mesura, destacant els anys 2007 respecte 2004, i 1984 respecte 1977 amb valors de 150 i 104 m respectivament.

Si es parla de creixement del punt de control P de la fletxa en m/any, cal destacar el període 2001-2004, on creix a un ritme de 136,5 m/any, seguit del període 1977-1984 amb 66,4 m/any i del 2007-2010 amb 61,9 m/any. En menor mesura creix durant els períodes 1956-1977 (36,6 m/any) i 1984-1998 (1,4 m/any). Per contra, durant els períodes 2007-2010 (-37,7 m/any) i 1998-2001 (-27,5 m/any) la fletxa decreix.

S'han establert tres períodes de creixement sobre el punt de control P. Durant el primer període establert entre 1956-1984 la fletxa creix 36,6 m/any, pel període 1977-1998 creix 23,07 m/any i pel període 1998-2007 augmenta 11,25 m/any.

Taula 3. Variació i àrea de la fletxa de El Rompido per anys analitzats.

Table 3. Variation and area of the El Rompido spit during analysed years.

| Any | Àrea (m ²) | Variació % |
|------|------------------------|------------|
| 1956 | 3.126.942 | - |
| 1977 | 3.546.614 | 13,4 |
| 1984 | 3.453.666 | -2,6 |
| 1998 | 3.923.221 | 13,6 |
| 2001 | 3.569.792 | -9 |
| 2004 | 4.099.597 | 14,8 |
| 2007 | 3.959.571 | -3,4 |
| 2010 | 3.956.612 | -0,1 |

Observant la taula 3, l'any que presenta una major àrea (m²) és el 2004, i menor àrea l'any 1956, amb una diferència d'ambdós de 972.655 m². Per tant, amb un període de 48 anys dita formació ha patit una augment del 31% en termes de superfície. No obstant, si analitzem l'evolució de l'àrea any per any s'aprecien variacions. Els percentatges de creixement més elevats són els períodes de 1977 respecte 1956 (13,4%); 1998 respecte 1984 (13,6%) i finalment 2004 respecte 2001 (14,8%). En canvi, els percentatges de retrocés de l'àrea són a l'any 2001 respecte 1998 (9%) i en menor mesura l'any 1984 respecte 1977 (2%) i 2007 respecte 2004 (3,4%). Tot i aquests valors percentuals cal tenir en compte que els períodes no són seqüencials, per tant, es fa difícil una comparació absoluta.

Discussió

Diversos estudis determinen la progradació de la fletxa de El Rompido. Borrego et al. (1992) analitzen l'evolució morfològica de la fletxa en dos períodes. Entre 1873 i 1956 estableixen una progradació de 30 m/any, mentre que en el període 1956-1973 creix 32 m/any, tot i no

Taula 4. Comparativa de l'evolució morfodinàmica, en tres períodes, presa del punt de control P entre l'anàlisi de García i Cáceres (2012) i el present estudi.

Table 4. Comparative of the morphodynamic evolution, in three periods, taken from the P check point between the Garcia & Cáceres (2012) and present analysis.

| Taxa de canvi anual (m/any) | | |
|-----------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Períodes | Anàlisi propi | García, D. i Cáceres, L.M. (2012) |
| 1956 - 1977 | 36,6 | 40,4 |
| 1977 - 1998 | 23,07 | 27,3 |
| 1998 - 2008 | 11,25 | 26,6 |

ser constant any per any en ambdós casos analitzats. Així mateix, Ojeda, J i Vallejo, I (1995) confirmen l'anterior entre els anys 1943-1991 a través d'una anàlisi utilitzant diferents fonts de informació (cartografia, ortofotografia i imatges satèl·lit) a través d'un SIG.

D'altra banda, García i Cáceres (2012) analitzen a través Digital Shoreline Analysis System (DSAS) l'evolució per períodes intermedis (1956-1977, 1977-1998 i 1998-2008) destriant diferents sectors segons les taxes de canvi anual. Determinen que s'observa una clara tendència a un retrocés en el creixement de la fletxa. Els valors d'avanç en l'extrem de la fletxa han passat de 40,4 m/any en el període 1956-1977, a 27,3 m/any en el període 1977-1998 i 26,6 m/any en el període 1998-2008.

Com s'observa a la taula 4, els períodes de creixement presenten valors similars a García i Cáceres (2012), tot i que es produeix una variació més significativa durant el darrer període (1998-2008) de 15,25 m/any. No obstant, el període analitzat en el present article té en compte l'ortofotografia de l'any 2007 vers 2008. A més, s'actualitzà al període 2007-2010 establint un creixement de 61,9 m/any. Així com Ojeda i Vallejo (1995) estableixen que

| Actuacions antròpiques per períodes | | | |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---|
| Períodes | Creixement (m/any) | (A) Obres d'infraestructura costanera | (B) Regulació de les conques fluvials |
| 1956 - 1977 | 1968 | | Presa riu Piedras |
| 1977 - 1998 | 1979 | Dic Port de Huelva | |
| | 1981 | Espigó J.Carlos I (Ria de Huelva) | |
| | 1982 | Espigó del Guadiana | |
| | 1987 | Espigó Pta. Umbría | |
| | 1989-2003 | | Preses del sistema Chanza-Andévalo (Guadiana) |
| 1998 - 2008 | 2002 | | Presa de Alqueva (Guadiana) |

Taula 5. Actuacions antròpiques realitzades entre Isla Cristina (desembocadura del riu Guadiana) i l'espigó de Pta. Umbría (Huelva), i les preses del riu Piedras i Guadiana. Font: Borrego, J. Morales, J.A i Pendón, J.G (1992).

Table 5. Anthropic actions between Isla Cristina (Guadiana mouth) and Punta Umbría spigon (Huelva), Piedras and Guadiana water dams. Source: Borrego, J. Morales, J.A i Pendón, J.G (1992).

el ritme de creixement es redueix a 8 m/any a partir de la dècada dels 80, els resultats obtinguts també indiquen una reducció del ritme de creixement a 1,4 m/any entre el període 1984-1998. A més, aquest ritme s'agreuja al període 1998-2001, on es produeix una retrogradació de 27,5 m/any.

Davant aquesta evolució morfosedimentària de El Rompido, les intervencions antròpiques han intervingut en la formació i desenvolupament de la fletxa, de manera que han produït que la dinàmica costera sigui inestable. Seguint l'estudi realitzat per Borrego *et al.* (1992) s'identifiquen dues tipologies d'actuacions antròpiques que podrien esclarir les causes dels resultats obtinguts. A) Les obres de infraestructura costanera intervenen en els models de corrents i trànsit sedimentari costaner al interior i exterior de l'estuari (dics costaners, aqüicultura i piscifactoria i B) la regulació de les conques fluvials que afecten a la quantitat d'aportació sedimentària.

S'observa que a partir de la construcció de la presa del riu Piedras, es produeix el major creixement de dita formació. Es remarcable que durant aquest període de màxim creixement no hi hagi cap obra de

infraestructura costanera. D'aquesta manera es planteja la hipòtesi que les preses, sobretot ubicades en rius petits, no tenen una afecció a curt termini. No obstant, Borrego *et al.* (1992) defensen la hipòtesi que aquesta construcció potser sigui la responsable del important increment que es produeix en la velocitat de creixement de la fletxa, en el període 1973-1980. A l'afirmació d'aquests autors s'afegeix que la manca d'infraestructures costaneres, sobretot dics i espigons, podria explicar també els valors màxims de creixement. Les actuacions costaneres de 1979, 1981 i 1982 poden explicar la disminució en el ritme de creixement que es produeix entre l'any 1977 i 1984. A partir de les execucions en forma de preses al Guadiana, han originat que el ritme de creixement minvi, situant-se a un ritme de 11,25 m/any (Taula 5).

Cal tenir en compte les obres de dragats realitzats a l'estuari, que evidentment han tingut una afecció directa sobre el règim sedimentari de la zona d'estudi. Les conseqüències de totes aquestes actuacions tenen uns ritmes d'aparició diferents. Per tant, la magnitud d'aquest impacte ambiental roman encara desconegut. No obstant,



Fig. 7. Localització de les boies SIMAR. Intensitat i direcció de l'onatge. Font: Puertos.es.
Fig. 7. Location of the SIMAR buoys. Intensity and direction of the swell. Source: Puertos.es

s'ha produït una disminució de sediments entorn al 75,4%, comparació realitzada amb dades de 1956 i 1994 (SEIA, 1994).

Un factor que explica la disminució en el ritme de creixement de la fletxa és la construcció d'una sèrie d'espigons localitzats a la desembocadura del Guadiana. Aquests tenen com a conseqüència la modificació dels trens d'onatge que s'aproximen a la costa en refractar sobre el seu extrem rocós. D'aquesta manera, a Llevant del espigons, l'arribada de les ones comença a produir-se des del SE, invertint el sentit de transport d'arena al llarg de la costa per la deriva litoral (Morales, 2008).

A partir de l'anàlisi de les dades extretes de intensitat i direcció de l'onatge de les boies SIMAR, ubicades paral·lelament a la costa, i l'observació d'un lòbul frontal

submareal situat entre les desembocadures del Guadiana i de la ria Carreras (Isla Cristina), s'estableix la hipòtesi que l'espigó occidental de la desembocadura del Guadiana origina que l'onatge refracti. S'observa a la Fig. 7, un canvi de patró quant a la direcció de l'onatge d'W a E. En aquest sentit, la boia ubicada a l'extrem occident –desembocadura del Guadiana– presenta un onatge de component predominantment del SE, mentre les demés boies el presenten de SW.

Per tant, tenint en compte que les aportacions de materials marins transportats a través de la deriva litoral del Guadiana a la fletxa de El Rompido s'estableixen en 300.000 m³/any (data extreta de l'anàlisi preliminar de la vulnerabilitat de la costa Andalus a la possible pujada del nivell del mar associada al canvi climàtic -Conselleria

de Medi Ambient d'Andalusia, 2011-), es considera que aquest valor seria encara major si no s'hagués construït dit espigó, ja que el material sedimentari transportat pels trens d'ones que han refractat es dipositen en forma de lòbuls paral·leles a la línia de costa. Aquests lòbuls acabaran adossant-se a la platja per mitjà de l'onatge, que guanya la partida a les corrents mareals. Per corroborar el domini de l'onatge sobre la marea, ens remetem a l'anàlisi que duu a terme Morales (2013), on afirma que la posició actual dels baixos arenosos (La Gola) és controlada per l'onatge en haver-se canalitzat les marees artificialment mitjançant els espigons.

La desembocadures dels rius són de gran importància en l'equilibri de la costa per la gran quantitat de partícules sòlides que injecta al litoral (Almazán *et al.*, 2000). És important recordar que l'únic curs fluvial amb competència per transportar sediments arenosos cap a la costa exposada és el Guadiana.

Borrego *et al.* (1994) i Palazón i Navas (2015), manifesten una relació directa entre l'aportació sedimentaria i el cabal a diferents sistemes sedimentaris, afegint els darrers resultats quantitius de la correlació d'aquestes dues variables a través de l'anàlisi realitzada a la conca del riu Ebre. A més, per reafirmar la hipòtesi, Almazán *et al.* (2000) esmenten que les desembocadures dels rius són de gran importància en l'equilibri de la costa per la gran quantitat de partícules sòlides que injecta al litoral. Per demostrar que l'evolució morfosedimentaria de la fletxa de el Rompido es relaciona amb l'aportació al·luvial del Guadiana, aquest com l'únic curs fluvial amb competència per transportar sediments arenosos cap a el Rompido (Conselleria Medi Ambient d'Andalusia, 2011), s'han establert càlculs a partir de dades d'aportacions en hm³ del

cabal del Guadiana i dels metres de progradació o retrogradació obtinguts a través de l'eina SIG, establerts en el punt de control FA (Fig. 5). No obstant, no s'han utilitzat dades sedimentaries per la manca d'informació quantitativa.

Pel que fa a les dades d'aportacions del Guadiana, s'han calculat a partir de les dades de cabals anuals entre l'any 1961 i 2009 extretes a l'estació de Pulo do Lobo, situada en el Parc Natural de Do Vale do Guadiana, al curs baix del mateix. Cal afegir que les dades no coincideixen amb els períodes de les ortofotografies degut a la manca de les mateixes. Per calcular l'anomalia estadística de cada període es resta al cabal la mitjana de tot el període. Finalment, es sumen els valors d'anomalies per així extreure les anomalies acumulades, que es representa a través de la següent fórmula:

$$AE = Va - \bar{X}_T$$

A on:

AE = Anomalia estadística

Va = Valor anual (hm³)

\bar{X}_T = Mitjana de tots els anys

Per mitjà dels càlculs obtinguts d'ambdues variables s'observa a la Fig. 8 una correlació, tot i que a partir de l'any 1984 fins l'any 2001 disminueix el nivell de correlació. Aquest fet s'explica a partir de la retenció de sediment produïda per la refracció que generen els espigons sobre l'onatge. A partir d'aquí es dedueix la íntima relació entre el cabal i l'evolució de la fletxa, sobretot si atenem al període comprés entre 1961-1977, el qual presenta una perfecta correlació.

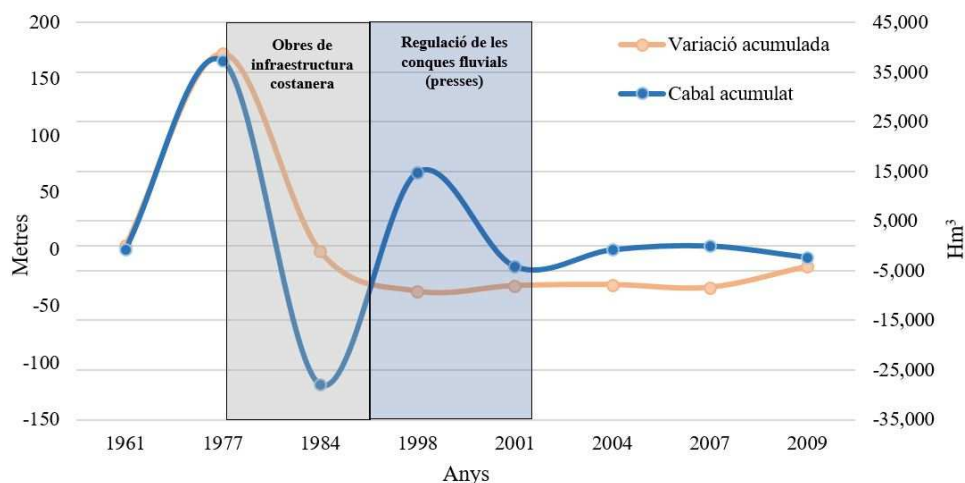


Fig. 8. Anàlisi de la correlació entre la variació acumulada en el creixement de la fletxa (Punt de control FA) i cabal acumulat del Guadiana establert a partir de dades extretes a l'estació de Pulo do Lobo amb codi 27L/01H (Portugal). El requadre representa les actuacions antròpiques que han distorsionat la correlació. Vegeu Fig. 11 corresponent a obres de infraestructura costanera i de la regulació de les conques fluvials. Font: Sistema Nacional de Informaçao de Recursos Hídricos.

Fig. 8. Correlation analysis between accumulated variation of the spit's growth (FA monitoring point) and Guadiana's accumulated flow based on Pulo do Lobo's station data (code 27L/01H), in Portugal. The box represents anthropic actions which have disturbed this correlations. Check Fig. 11 regarding to coastline infrastructure and river basin regulation actions. Source: Sistema Nacional de Informaçao de Recursos Hídricos.

Conclusions i consideracions finals

A la ubicació de la fletxa de El Rompido interaccionen règims mareal, eòlic, d'onatge i en particular les aportacions sedimentàries del Guadiana i que, a través de la deriva litoral amb direcció EW, han configurat la morfologia de la fletxa i les seves taxes de creixement longitudinal. Les anàlisis de progradació o retrogradació que s'han dut a terme confirmen els resultats d'altres autors, tot i haver utilitzat metodologies diferents. A través dels anàlisis realitzats se n'extreuen les següents conclusions:

-Entre el període 1956-1977 s'observa una perfecta correlació entre creixement morfosedimentari i el cabal aportat pel

Guadiana, degut a la manca d'infraestructura manifestada en dics, espigons, etc. al litoral circumdant.

-Els càlculs de cabals del Guadiana, els de retrogradació o progradació realitzats i l'anàlisi de les direccions i intensitat de l'onatge, reflecteixen una retenció de sediments important, fruit de la infraestructura antròpica construïda a partir de la dècada del 80.

-Com s'observa a la Fig. 2, el cabal del Guadiana té una tendència a la baixa, fet que conduirà a una disminució en l'aportació sedimentària que, juntament amb els espigons i dics, farà que a llarg termini la fletxa progradi menys o inclús retrogradi.

-Tot i la notable evolució dels SIG i la seva aplicació en la investigació aplicada, en aquest cas a una anàlisi de la dinàmica litoral, han sorgit una sèrie de dificultats metodològiques fruit implícit del rang mareal, que condiciona el resultat de la ortofotografia. Cal tenir en compte aquest fet de manera que s'han de considerar el resultats amb un nivell d'error.

Agraïments

Aquest document no hagués estat possible sense l'ajuda d'un gran nombre de persones, d'entre les quals es troben el Dr. Juan Antonio Morales i les seves didàctiques explicacions durant l'estada a la província de Huelva, els Dr. Miquel Mir Gual, Dr. Guillem X. Pons per la seva ajuda continuada, així com el Dr. Enrique Morán Tejeda i el Dr. Jorge Lorenzo Lacruz per la seva ajuda en la fase de tractaments de dades.

Referències bibliogràfiques

- Almazán, J. L., Palomino, C., & García, J. R. 2000. *Introducción a la dinámica de las formas costeras*. ETS. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- Aubouin, J., Debemas, J, Latreille, M. 1980. *Geologie des chaines alpines issues de la Tethis*. Memoire du B.R.G.M. núm 115, pp. 356
- Benavente, J., Gracia, F. J., Del Río, L., Anuso, G., i Rodríguez-Ramírez, A. 2015. Caracterización morfodinámica de las playas españolas del Golfo de Cádiz. *Boletín Geológico y Minero*. 126 (2-3). 409-426.
- Bettencourt, P. 1985. *Geomorphologie et processus d'évolution recente de la cote sotavento* (Algarve, Portugal). Rapport, Univ. Bourdeaux I, pp. 77
- Borrego, J. i Morales, J.A. 2009. El litoral de Huelva. A: Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Huelva. *Geologia de Huelva*, 2ª Edición. Ed. Universidad de Huelva: Huelva. pp. 28-34.
- Borrego, J., i Pendón, J.G. 1989. Caracterización del ciclo mareal en la desembocadura del Río Piedras (Huelva). A: XII Congreso Nacional de Sedimentología. pp.97-100.
- Borrego, J.; Morales, J.A. i Pendón, J.G. 1992. Efectos derivados de las actuaciones antrópicas sobre los ritmos de crecimiento de la flecha litoral de El Rompido (Huelva). *Geogaceta*, 11: 89-92.
- Conselleria de Medi Ambient i Ordenació del Territori. Red de Información Ambiental de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam> [Consulta: 16 de març 2016]
- Da Sila, M. i Fraidiás, J. 1997. Modelo de gestión del estuario del río Guadiana. *Consejería de Medio Ambiente: Sevilla*. pp.109
- Davis, J.L. 1964. A morphogenetic approach to word shorelines. *Z. Geomorph.* 8:127-142.
- García, D. i Cáceres, L.M. 2012. "Análisis de la evolución de la flecha litoral del Rompido entre 1956 y 2009 mediante Digital Shoreline Analysis System (DSAS)" I Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales. *Gestión Integrada de Áreas Litorales (GIAL, 2012)*. Cadis: Universitat de Cadis.
- Govern d'Espanya. Puertos del Estado. <http://www.puertos.es/es-es> [Consulta: 23 de març 2016]
- Govern de Portugal. Sistema Nacional de Infomação de Recursos Hídricos. <http://snirh.pt/> [Consulta: 23 de març 2016]
- Hayes, M.O. 1979. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. *Barrier islands*. pp.1-27.
- Hnuter, R. E. i Clifton, E.H. 1982. Cyclic deposits and hummocky cross-stratification of probable storm origin in Upper Cretaceous rocks of the Cape Sebastian area, southwestern Oregon. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 52, nº 1.
- Holgado, E. i Martín, J.L. 2005. *Régimen mareal de la ría de Huelva e incidencia de la posible rotura de la balsa de fosfoyesos. Diagnóstico de la calidad ambiental de la*

- ría de Huelva. Sevilla: Conselleria de Medi Ambient de la Junta d'Andalusia.
- Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN) 2010. Morfodinámica de playa y desembocadura. In: Ruiz, J. i Losada, M.A. Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el Estuario del Guadalquivir.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. Confederación Hidrográfica del Guadiana <http://www.chguadiana.es/> [Consulta: 16 de març 2016]
- Morales, J.A. 2008. La desembocadura del río Guadiana. A: Olías Álvarez, M., et al.: Geomorfología del Parque Nacional de Doñana. 2ª ed. Huelva : Universidad de Huelva. pp. 164-165.
- Morales, J.A. and Borrego, J. 2008. El litoral de Huelva: fisiografía y dinámica. A: Geología de Huelva. Lugares de interés geológico. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. pp. 28-34.
- Ojeda, J. 1988. *Aplicaciones de la Teledetección a la dinámica litoral (Huelva): Geomorfología y ordenación litoral*. Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.
- Ojeda, J. 1988. Peculiaridades morfodinámicas de la fachada Ibérica del Golfo de Cádiz: Geomorfología Litoral. *Revista de Estudios Andaluces*, 10: 55-68.
- Ojeda, J. i Vallejo I. 1995. La flecha de El Rompido: análisis morfométrico y modelos de evolución durante el período 1943-1991. *Rev. Soc. Geol. España*, 8 (3): 229-237.
- Palazón, L. i Navas, A. 2015. Land use sediment production response under different climatic conditions in an alpine-prealpine catchment Department of Soil and Water. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC). Spain: *Catena*, 137: 244-255.
- Pérez Mateos, J., Pinilla, A., Alcalá, L.; Alexandre, T. 1982. Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte. *Boletín Geológico y Minero*, 93: 1-18.
- Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L.M. i Rodríguez-Vidal, J. 2000. Dinámica y evolución de flechas litorales: el litoral onubense (SO España). Geomorfología litoral. Procesos activos, Monografías SEG. 7:101-113.
- Udias, A., López, A. i Mezcua, J. 1976. Seismotectonic of the Azores-Alborán Region. *Tectonophysics*. 31: 259-289.
- Wright, L.D., Chappell, J., Thom, B.G., Bradshaw, M.P. and Cowell, P. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: southeastern Australia. *Marine Geology*, 32: 105-140.

Dipòsits d'interferència eòlic-al·luvial al Pleistocè superior de les Illes Balears (Mallorca i Menorca, Mediterrània occidental): sedimentologia i implicacions paleoambientals

Francesc POMAR, Joan J. FORNÓS, Lluís GÓMEZ-PUJOL i
Laura DEL VALLE

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Pomar, F., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L i del Valle; L. 2016. Dipòsits d'interferència eòlic-al·luvial al Pleistocè superior de les Illes Balears (Mallorca i Menorca, Mediterrània occidental): sedimentologia i implicacions paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 147-185. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

El present estudi aborda la interferència entre dunes costaneres i ventalls al·luvials durant el Pleistocè superior en el marc geogràfic de les Illes Balears. Tot i que d'antuvi es tracta de dos ambients sedimentaris diferenciats, amb la participació de diferents processos i la gènesi d'un modelat o unes formes pròpies, molt sovint la seva interacció produeix un registre estratigràfic en què comparteixen característiques, així com també, mantenen elements heretats un de l'altre. En aquest sentit, la interferència eòlica-al·luvial és l'expressió estratigràfica-geomòrfica de la coincidència, interacció i/o superposició d'ambients eòlics i al·luvials. En aquest estudi, s'han descrit diferents dipòsits costaners que consisteixen en la successió d'ambients costaners, eòlics, col·luvials i al·luvials i les seves corresponent interferències. Tots aquests dipòsits estan constituïts en major o menor mesura, per seqüències de gresos carbonatats, bretxes, conglomerats i dipòsits de gra fi. Tanmateix, una de les característiques a destacar és que la majoria d'aquests dipòsits incorporen sediments bioclàstics d'origen marí. Aquesta fet sovint ha justificat que aquest dipòsits fossin classificats, de manera errònia, exclusivament com eolianites, tot proporcionant informació imprecisa i esbiaixada sobre la seva gènesi. En la gènesi de les fàcies d'interferència al·luvial-eòlica, el clima i el nivell de la mar controlen la magnitud i la intensitat en el paper de preponderància de cada ambient sedimentari i la naturalesa de la interferència. La datació de nivells eòlics, així com el contingut paleontològic, indiquen que els processos d'interferència entre aquests dos ambients sedimentaris foren especialment significatius durant el Pleistocè superior.

Paraules clau: *Interferència eòlic-al·luvial; sedimentació al·luvial; sedimentació eòlica; nivell marí, darrer període glacial; Pleistocè superior; Mallorca; Menorca; illes Balears.*

LATE PLEISTOCENE AEOLIAN-ALLUVIAL INTERFERENCE DEPOSITS IN THE BALEARIC ISLANDS (MALLORCA AND MENORCA, WESTERN MEDITERRANEAN): SEDIMENTOLOGY AND PALAEOENVIRONMENTAL IMPLICATIONS. This study deals with coastal dunes and alluvial fans interference. Although initially they are two different environments, with different processes and resulting forms, very often their interaction produces deposits that share characteristics and features from both environments, as well as, maintain inherited elements from one to each other. In this sense, the aeolian-alluvial interference is the geomorphological expression of the coincidence, disruption and/or overlapping of aeolian and alluvial environments. In this study, different coastal deposits have been

described involving the succession of coastal, aeolian, colluvial and alluvial environments. Carbonate sandstones, breccias, conglomerates and fine grained deposits are the main component of these sequences. One of the outstanding features is that most of these deposits contain marine bioclastic sediments. For this reason, very often these deposits have been classified solely as aeolianites, providing imprecise information about their genetic processes. Climate and sea level appears to be the most important controls on the role and magnitude of each sedimentary environment. Dating of aeolian levels, as well as palaeontological content, indicate that their deposition took place during the Late Pleistocene.

Keywords: *Aeolian-alluvial interference; alluvial sedimentation; aeolian sedimentation; sea level; Last Glacial Period; Late Pleistocene; Mallorca; Menorca; Balearic Islands*

Francesc POMAR, Laura DEL VALLE i Joan J. FORNÓS. Grup de Ciències de la Terra (Geologia i Paleontologia "Guillem Colom"). Universitat de les Illes Balears. Ctra. de Valldemossa km 7,5, 07122 Palma. xiscopomar.geo@gmail.com. Lluís GÓMEZ-PUJOL. SOCIB, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (MINECO-CAIB). ParcBIT, Ctra. Valldemossa km 7.4, 07121 Palma.

Recepció del manuscrit: 9-nov-16; revisió acceptada:30-des-16.

Introducció

A la Mediterrània occidental abunden els afloraments de dipòsits pleistocens caracteritzats per la successió de nivells amb sediments d'origen marí, eòlic, al·luvial i/o col·luvial (Cuerda, 1975; 1989; Rose *et al.*, 1999; Andreucci *et al.*, 2010; Fornós *et al.*, 2009; Pavelic *et al.*, 2011; Andreucci *et al.*, 2014; Pascucci *et al.*, 2014; Pomar *et al.*, 2015a; Del Valle *et al.*, 2016). Aquests dipòsits acostumen a presentar una successió sedimentària més o manco contínua des del darrer període interglacial a partir de la qual es pot derivar el paper dels processos costaners, al·luvials o col·luvials i eòlics en la formació del relleu i el paisatge. Els dipòsits d'interferència eòlic-al·luvial consisteixen en uns dipòsits la característica bàsica dels quals és presentar estructures sedimentàries pròpies dels ambients sedimentaris al·luvials, però amb la particularitat que els materials que les integren són d'origen eòlic. Fins al punt que a sistemes costaners com els que ens ocuparan, són materials d'origen marí retreballats i integrats en els sistemes dunars per transport eòlic, els que

després passaran a formar part de cossos sedimentaris dels ventalls al·luvials o fins i tot quedaran remanegats per col·luvions. En aquest sentit, la interferència eòlic-al·luvial és l'expressió geomòrfica de la concurrència, distorsió i/o superposició dels ambients eòlics i al·luvials la qual cosa permet que els dipòsits resultants comparteixin característiques sedimentològiques d'ambdós ambients (Pomar *et al.*, 2015b). En el cas de la Mediterrània occidental, existeixen dipòsits pleistocens de ventall al·luvial, tot i que bona part del sediment que els integra procedeix de dunes costaneres desmantellades pels cursos al·luvials (Fornós *et al.*, 2009; Pascucci *et al.*, 2014). L'estudi d'aquests dipòsits ha posat de manifest que els principals controls en la interferència dels processos eòlics i al·luvials són les fluctuacions climàtiques i les oscil·lacions del nivell marí (White *et al.*, 1996; Rose i Meng, 1999; Harvey, 2002; Pope i Wilkinson, 2005; Pavelic *et al.*, 2011; Andreucci *et al.*, 2014; Pascucci *et al.*, 2014; Pomar, 2016). Així les coses, els processos de sedimentació eòlica estan relacionats amb èpoques fredes amb el nivell marí baix

(Fornós *et al.*, 2012; Pascucci *et al.*, 2014), mentre que els processos de sedimentació al·luvial assoleixen un major protagonisme durant períodes relativament més càlids però amb nivells marins encara baixos i durant períodes càlids i d'ascens del nivell marí veuen considerablement reduït el seu abast (Harvey, 1987; 2011; Harvey *et al.*, 1999; Macklin *et al.*, 2002). Les Illes Balears compten amb un bon nombre de dipòsits pleistocens marins i costaners (Cuerda, 1975; 1989) amb abundant fauna característica (Cuerda, 1987) que, en alguns treballs recents (Fornós *et al.*, 2009; Fornós *et al.*, 2012; Pomar, 2016) posen de manifest l'àmplia varietat de dipòsits (en la seva naturalesa, gènesi i morfologia) i de més a més, la important relació d'aquests amb els esdeveniments paleoclimàtics esdevinguts des del darrer període interglacial (± 130 ka).

L'objectiu d'aquest treball és l'anàlisi sedimentològica d'uns dipòsits pleistocens que se caracteritzen per la interferència entre la sedimentació eòlica i l'al·luvial i que són habituals al litoral de Mallorca i al de Menorca. A partir de la descripció de talls estratigràfics representatius de cada localitat i de la revisió bibliogràfica de les cronologies de dipòsits del Pleistocè a través de datacions OSL de nivells eòlics i/o estimacions de l'edat en base al contingut paleontològic, s'ha realitzat una aproximació als processos i les condicions paleoambientals que afavoriren la formació dels dipòsits d'interferència eòlic-al·luvial durant els darrers 130 ka.

Antecedents

Dels dipòsits pleistocens estudiats existeixen algunes referències dins la bibliografia del Quaternari illenc. Articles publicats al Bolletí de la Societat d'Història

Natural de les Balears (BSHNB), monografies dedicades al Quaternari a les quals hi apareixen descripcions sedimentològiques dels dipòsits així com el corresponent tall estratigràfic o la descripció del contingut paleontològic del jaciment. Dels dipòsits que s'havien descrit fins a dia d'avui, en cap cas s'hi havia identificat la interferència eòlic-al·luvial, donant per fet que la presència d'arena bioclàstica justificava la classificació com eolianites. Així per exemple, Cuerda (1989) anomena a les seves descripcions de talls estratigràfics realitzats a prop del cap Enderrocat (Badia de Palma, Mallorca) o a Tirant-Fornells (Menorca) "niveles de dunas de estratificación ondulada con presencia de cantos". Per altra banda, altres autors com Rose *et al.* (1999) realitzaren interpretacions més esbiaixades identificant al ventall al·luvial de Betlem (Artà, Mallorca) uns nivells de gresos bioclàstics d'aspecte massiu que els atribueix una gènesi producte d'esdeveniments tsunàmics.

D'alguns dels dipòsits estudiats en aquest treball, a Mallorca en fan referència Cuerda i Sacarès (1962; 1964; 1992), Cuerda (1975; 1989), Pomar i Cuerda (1979) i Vicens (2015) tot fent descripcions sedimentològiques i paleontològiques dels dipòsits pròxims al flanc sud del cap Enderrocat, identificant a la base nivells marins que atribueixen al darrer estadi interglacial (MIS 5e; 125 ka) i nivells superiors d'eolianites que atribueixen al darrer període glacial (MIS 4-2). La tesi doctoral de Bourrouilh (1983), el treball de Rodríguez-Perea (1998) i al mapa de l'IGME (1991a) identifiquen a la zona des Caló (Artà, Mallorca) importants dipòsits que interpreten com eolianites quaternàries. Per altra banda, Gómez-Pujol (1999) i Gómez-Pujol *et al.* (2008) realitzaren una descripció sedimentològica del ventall

al·luvial des Caló identificant diversos cossos sedimentaris tant eòlics com al·luvials i suggereixen una possible reinterpretació d'alguns nivells que constitueixen els dipòsits del ventall com el producte de 'dunes retreballades' per cursos al·luvials. Posteriorment, als treballs de Fornós *et al.* (2009 i 2012) s'aporten datacions dels distints nivells d'eolianites que constitueixen el ventall al·luvial des Caló. Aquestes datacions situen la sedimentació d'aquests dipòsits durant el darrer període glacial, concretament entre el MIS 4 i el MIS 3. A més, les descripcions sedimentològiques i el model estratigràfic realitzat per Pomar (2016) confirmen que els dipòsits del ventall estan constituïts en gran part per arenas eòliques indicant un retreballament de dipòsits eòlics per part d'aigües d'escorrentia. Vicens (2009) realitzà una descripció del contingut paleontològic dels dipòsits del ventall des Caló identificant mol·luscs terrestres atribuïts al Pleistocè superior. Vicens i Gràcia (1988 i 1998) i Vicens (2012) realitzaren una descripció sedimentològica i paleontològica dels dipòsits pleistocens de la costa nord d'Artà. Identificaren als voltants de la platja de sa Fontsalada dipòsits marins a la base pertanyents al MIS 5e i 5a coberts per alguns nivells col·luvials i d'eolianites. Bourrouilh (1983) identifica a la costa compresa entre la platja de sa Fontsalada i el morro d'Albarca dipòsits quaternaris que interpreta com eolianites.

Pel que fa a Menorca, Mercadal (1960) i Mercadal *et al.* (1970) cita alguns dipòsits quaternaris a la costa nord de Menorca, entre els quals alguns dels estudiats en aquest treball com Fornells o Algaiarens. Identifica diversos nivells d'eolianites que relaciona amb els períodes freds ocorreguts des del Pleistocè mitjà. Henningsen (1990) en un estudi sedimentològic i mineralògic dels dipòsits quaternaris de Fornells també

identifica fins a tres nivells d'eolianites a la costa nord de Menorca que relaciona amb les fluctuacions climàtiques del Pleistocè. Els dipòsits de la zona de Fornells corresponen al nivell superior i més recent vinculat al darrer període glacial. Pomar (2016) realitza descripcions sedimentològiques i estratigràfiques dels dipòsits de la zona de Fornells, posant de manifest que es tracta de dipòsits col·luvials típics de processos d'interferència eòlic-al·luvial. A més a més, aporta una cronologia que situa la seva formació durant diversos períodes de refredament entre 140-10 ka. Bourrouilh (1983) localitza al llarg de la costa nord de Menorca diversos dipòsits quaternaris interpretats com eolianites o *marès*.

Mètode

Per a la descripció sedimentològica, s'han realitzat talls estratigràfics a les zones més representatives de cada localitat d'estudi per a identificar els principals nivells que constitueixen els dipòsits tenint en compte les principals superfícies erosives i canvis sobtats de fàcies. A cada punt es prengueren observacions de direcció de l'eix de paleocanals i direcció i cabussament de les capes de nivells amb estratificacions encreuades per determinar els principals sentits del transport.

Dels diferents nivells, es prengueren mostres per realitzar una anàlisi petrogràfica i obtenir la mida de gra, el color, la mineralogia, el contingut en carbonats i la composició mineral. Cal dir que totes les mostres recollides presentaven un bon grau de cimentació, la qual cosa feu necessari tallar i polir les mostres per realitzar l'anàlisi de mida de gra i el de composició. Es prengueren imatges de la cara polida de cada mostra mitjançant lupa binocular de 4x amb programari *Motic Ima-*

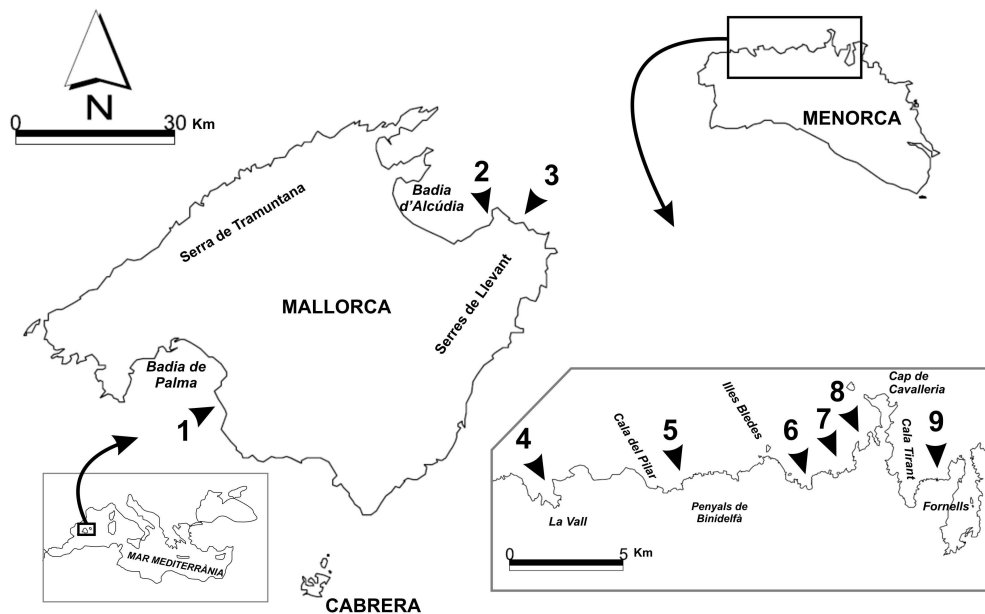


Fig. 1. Localització de les zones estudiades. 1- Ses Olles-Cap Enderrocat; 2- Ventall al·luvial des Caló; 3- Albarca; 4- Algaiarens; 5- Ets Alocs; 6- Binimel·là; 7- Cavalleria-Cala Mica; 8- Pedrera de sa Nitja; 9- Tirant-Fornells.

Fig. 1. Location of the study areas. 1- Ses Olles-Cap Enderrocat; 2- Es Caló fan; 3- Albarca; 4- Algaiarens; 5- Ets Alocs; 6- Binimel·là; 7- Cavalleria-Cala Mica; 8- Sa Nitja quarry; 9- Tirant-Fornells.

ge 2.0 i posteriorment s'ha analitzat la mida de gra mitjançant el programari lliure d'anàlisi d'imatges *ImageJ*. Per la resta d'anàlisis, s'ha procedit a molturar la mostra.

Per a obtenir el color s'ha comparat pols de la mostra en sec i amb llum artificial mitjançant les taules Munsell. Per a conèixer la composició mineralògica s'ha fet un anàlisi de difracció de rajos X (XRD) utilitzant un difractòmetre SIEMENS D5000 i per a extreure el contingut en carbonats s'ha procedit amb el mètode del calcímetre de Bernard.

La interpretació genètica dels dipòsits es basa en els treballs de la sedimentologia de diferents ambients col·luvials, al·luvials,

eòlics i costaners com Picard i High (1973), Massari i Parea (1988), Livingstone i Warren (1996), Miall (1996), Blikra i Nemeç (1998), Nemeç i Kazanci (1999), Stow (2006) i Tsoar i Pye (2009).

Descripció dels dipòsits

S'han seleccionat nou zones de les illes Balears; tres a Mallorca i sis a Menorca (Fig. 1), amb l'objectiu de recollir els diferents tipus i contextos més representatius en què afloren dipòsits pleistocens d'interferència. Es tracta en molts dels casos, d'afloraments costaners amb potents cossos sedimentaris emplaçats un centenars



Fig. 2. Imatges dels dipòsits de dues de les zones estudiades a Menorca: Tirant-Fornells (esquerra) i Algaiarens (dreta). Una de les característiques més destacables dels dipòsits d'interferència és que estan relacionats amb relleus costaners. Com s'observa a les imatges, els dipòsits es disposen sobre vessants o reomplint les zones més deprimides de les valls.

Fig. 2. Selected examples of deposits from Menorca: Tirant-Fornells (left) and Algaiarens (right). One of the main characteristics of interference deposits is their relationship with coastal reliefs. As shown in the images, these deposits are placed over coastal hillslopes or infilling valleys.

de metres al llarg de la línia de costa, tot i que en alguns casos arriben al quilòmetre de longitud. En qualsevol cas, allò més freqüent, és trobar-los pràcticament desmantellats per l'erosió marina en forma de pegats que s'estenen al llarg de la línia de costa i sense massa continuïtat lateral.

A grans trets poden diferenciar-se dos grans grups d'afloraments, d'una banda, els situats al peu d'un front muntanyós o penya-segat generant formes semblants a rampes arenoses (*sand ramps*) (Lancaster i Tchackerian, 1996; Bateman *et al.*, 2012), o bé en relació a ventalls al·luvials costaners, dipòsits de vessant als flancs de turons costaners o rebliments de vall (Fig. 2). Majoritàriament estan constituïts per capes de gresos però també poden contenir bretxes i conglomerats, així com també capes de llims. Tots els dipòsits estudiats es troben a la costa septentrional de les illes excepte els dipòsits de ses Olles – Cap Enderrocat que es situa a la costa meridional de Mallorca. Els dipòsits quaternaris estudiats es descriuen a

continuació començant per les zones seleccionades a Mallorca i a continuació les de Menorca.

Ses Olles – Cap Enderrocat (Mallorca)

Aquest dipòsit es situa al flanc sud del cap Enderrocat (Fig. 1), entre el cap homònim i la raconada coneguda amb el nom de ses Olles (Badia de Palma, Mallorca). Es tracta d'un dipòsit continu d'uns 1,4 km de longitud que reomple una plataforma costanera (*shore platform*) d'uns 90 m d'amplada a la base del penya-segat tallat sobre calcarenites esculloses del Miocè superior (Pomar *et al.*, 1983; IGME, 1991b). Els materials quaternaris es disposen en forma de talús, dibuixant un perfil lleugerament còncav fins a assolir la cresta del penya-segat a uns 95 m snm. Aquests estan constituïts totalment per capes de gresos. A continuació es presenta la descripció sedimentològica de dos talls estratigràfics representatius del dipòsit (Fig.3).

Tall A

a) Basament corresponent a calcarenites miocenes formant una plataforma costanera a 1,5 m snm.

b) Conglomerat en capes de 0,1 a 0,3 m de potència, constituït per clasts arrodonits i allargats amb una mida mitjana de 2-3 cm amb màxims de 40 cm. Els clasts es disposen imbricats cabussant cap a la mar, en general clast-suportats però tendeixen, ocasionalment, a presentar-se suportats per la matriu. Els clasts són fragments del basament miocè. La matriu està constituïda per arena bioclàstica ben classificada amb una mida mitjana de gra de 0,4 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa al voltant del 80% amb un contingut majoritari de calcita. S'observen fragments de mol·luscs marins atribuïts al MIS 5e (Cuerda, 1989). S'interpreta com un nivell de deposició marina format a partir de l'erosió de la base del penya-segat i reomplert per una acumulació de graves i còdols procedents de l'erosió del mateix penya-segat.

c) Gresos en capes de 0,8 a 4 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,33 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats és igual o superior a 75% amb la calcita com a mineral majoritari. Localment pot mostrar certa presència de llims. En general presenten un aspecte massiu que pot canviar a laminació horitzontal i encreuada de baix angle. Mostren algunes estructures aïllades en forma de canal. Presència de clasts angulosos aïllats surant dins el sediment que poden organitzar-se en passades horitzontals localment. Presència de petjades de *Myotragus*. c₁) Capes intercalades de fins a 0,2 m de potència constituïdes per gresos bioclàstics amb elevada presència de llims vermellosos color 10YR 7/4. Contenen clasts angulosos

i bioturbació per vegetació. El contingut en carbonats arriba al 70% amb presència majoritària de calcita i quars. Es tracta d'uns nivells depositats a partir de la circulació d'escorrentia difusa en forma de làmina. Les capes c₁ intercalades indiquen moments dominats per processos col·luvials amb el substrat colonitzat per vegetació.

d) Gresos en capes de 0,5 a 2,5 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats arriba al 90% i el mineral predominant és la calcita. Aquests nivells presenten estructures d'estratificació horitzontal canviant a estratificació encreuada i encreuada en forma de canal. La laminació interna de les capes mostra una potència d'entre 1-2 cm. Localment mostra bioturbació per vegetació i també icnites de *Myotragus*. La direcció mitjana de cabussament de les capes és 153°/26° E. Aquest nivell s'interpreta com a dunes que procedien de la costa.

Tall B

a) Basament corresponent a calcarenites miocenes formant una plataforma d'abrasió marina a uns 0,4 m snm.

b) Conglomerat en capes de fins 0,1 m de potència constituït per clasts subangulosos a subarrodonits amb una mida mitjana de 2 a 5 cm i màxims de fins 12 cm. Són fragments procedents del basament miocè. Es disposen suportats per la matriu. La matriu està composta per arenes bioclàstiques amb una mida de gra mitjana de 0,35 mm i llims vermellosos de color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant del 75% i el mineral majoritari és la calcita, però també hi ha certa presència de dolomita i quars.

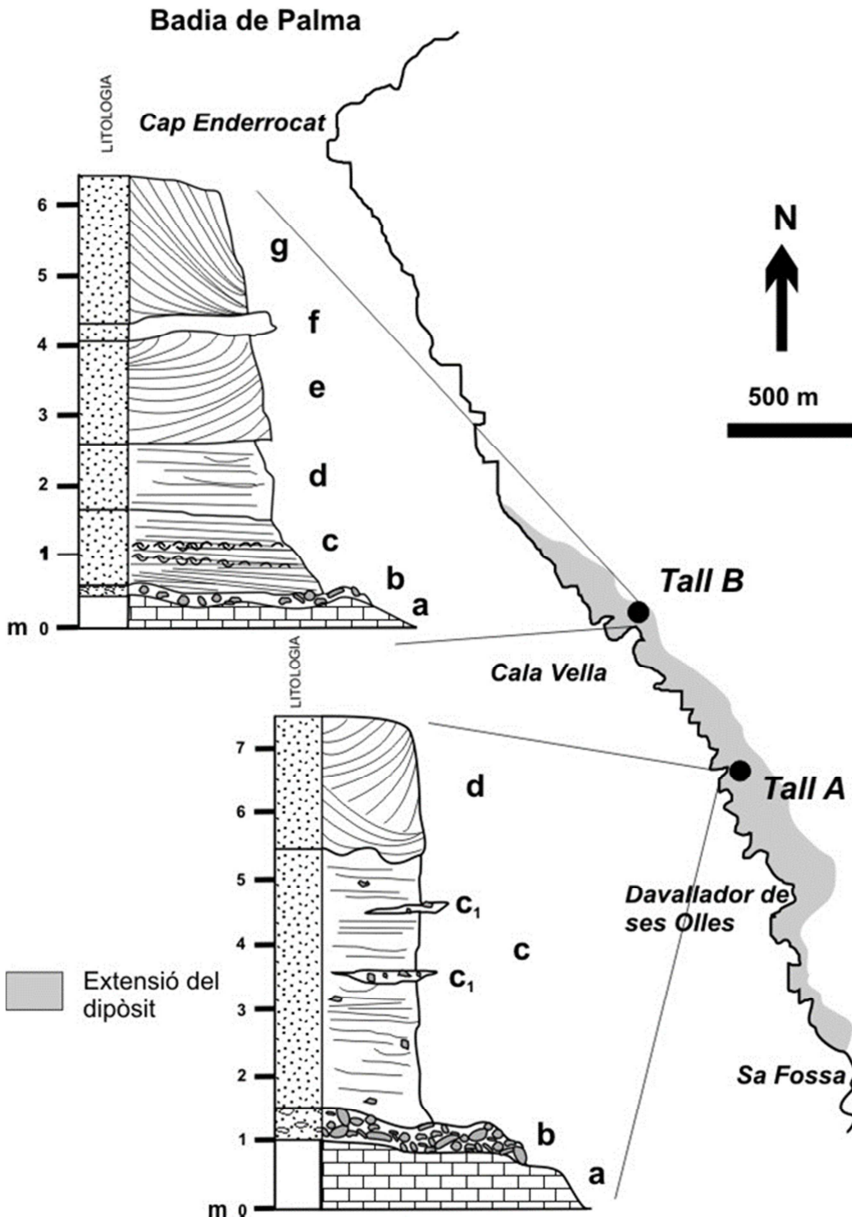


Fig. 3. Localització dels talls estratigràfics representatius de la zona de ses Olles-cap Enderrocat (veure localització a la Fig.1, zona 1).

Fig. 3. Location of the main stratigraphical sections at ses Olles-cap Enderrocat (see location at Fig.1, site 1).

Presenta un aspecte massiu i pot contenir algun gasteròpode marí. Es disposa cobrint la plataforma costanera modelada sobre les calcarenites miocenes (nivell a) mostrant un aspecte molt alterat per l'erosió. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit de transició entre un ambient terrestre i un ambient marí.

c) Gresos en capes de 0,25 a 0,9 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,47 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 85% i la calcita és el mineral majoritari. Presenten estratificació horitzontal que evoluciona a encreuada de baix angle amb un cabussament cap a la costa. S'observa alternança de cicles granodecreixents. Apareixen passades intercalades de copinyam dins els gresos que Cuerda i Sacarès (1992) i Vicens i Gràcia (1998) identifiquen com a *Glycimeris violacescens*, *Acanthocardia tuberculata*, *Barbatia plicata*, *Persististrombus latus* i *Conus testidunarius* entre d'altres, corresponents a fauna característica del MIS 5e. Aquest nivell s'interpreta com una platja, concretament d'un ambient marí poc profund de platja baixa (*foreshore*).

d) Gresos en capes de fins a 1 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,42 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa pròxim al 75% i el mineral predominant és la calcita. Les estructures sedimentàries predominants són l'estratificació horitzontal canviant a encreuada de baix angle i estructures en forma de canal. Localment les estructures poden difuminar-se mostrant un aspecte més massiu. Ocasionalment s'observa algun clast angulós aïllat surant dins el sediment. S'observen petjades de *Myotragus*. S'interpreta com a dipòsits al·luvials transportats per un corrent d'aigua difús.

e) Gresos en capes de 0,4 a 1,5 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,36 mm i color 10YR 8/3. Presenten un contingut en carbonats al voltant de 85% amb presència majoritària de calcita. Aquests gresos mostren estratificacions encreuades i bioturbació per vegetació. La laminació interna de les capes assoleix una potència de 2 cm. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 161°/28° E. Es tracta dunes que procedien de la costa.

f) Gresos en capes de fins a 0,25 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 70% i el mineral majoritari és la calcita amb certa presència de quars. Aquests gresos mostren un aspecte massiu, bioturbat per vegetació i amb presència de llims. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

g) Gresos en capes de 0,8 a 2 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,36 mm i color 10YR 8/2. Presenten un contingut en carbonats al voltant de 90% amb presència majoritària de calcita. Mostren estructures d'estratificació encreuada i bioturbació per vegetació. La laminació interna de les capes assoleix de 2 a 3 cm de potència. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 169°/26° E. S'interpreta com eolianites.

Es Caló (Mallorca)

Els dipòsits quaternaris des Caló es situen a l'extrem més septentrional de les serres de Llevant al seu vessant nord-oest dins la badia d'Alcúdia (Fig. 1). Es tracta de potents dipòsits constituïts per conglomerats i gresos que a la zona

costanera i més deprimida d'una conca es disposen formant un ventall al·luvial costaner. El ventall ocupa una superfície de 22,5 ha i té una longitud de radi de 0,5 km. La conca presenta una superfície d'1 km² i els relleus que la delimiten assoleixen els 430 m snm. El basament que forma la conca està constituït majoritàriament per dolomies del Juràssic inferior (Bourrouilh, 1983). El tall que es presenta a continuació mostra pràcticament tots els nivells que es poden observar al ventall des Caló (Fig. 4):

a) Conglomerat en capes de 0,5 a 1,8 m de potència constituïts per clasts subangulosos canviant a angulosos, heteromètrics amb unes mides mitjanes de 1 a 5 cm amb màxims de fins a 15 cm. Es tracta de fragments de les dolomies juràssiques del basament. Els clasts es disposen amb certa imbricació suportats per la matriu canviant localment a clast-suportats. La matriu està constituïda per llims amb certa presència d'arena bioclàstica. Presenta color 7.5 YR 6/6. El contingut en carbonats és situa al voltant del 16% i el mineral predominant és el quars seguit de la calcita. Les capes de conglomerat es disposen horitzontalment mostrant alternança de cicles granodecreixents. La capa superior d'aquest nivell està representada per un paleosòl de fins 0,4 m de potència amb bandes de ferro. Presència de fragments de gasteròpodes terrestres com *Iberellus companyonii* o *Chodrula gymnesica* atribuïts al Pleistocè superior (Vicens, 2009). Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial transportat per una corrent d'aigua difusa en forma de làmina que circula sobre la superfície del ventall. El paleosòl suggereix l'afebliment del processos al·luvials.

b) Gresos en capes de 1 a 3 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,33 mm i color 10YR8/2. El

contingut en carbonats és superior al 90% i l'anàlisi mineralògic indica que el mineral predominant és la calcita. Les estructures sedimentàries observades són l'estratificació horitzontal canviant lateralment cap a estratificació encreuada. Les capes mostren una laminació interna molt regular de 1 a 2 cm de potència. A la base s'observen clasts angulosos de 1 a 2 cm de mida mitjana. Es poden observar algunes petjades de *Myotragus*. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 45°/21° E. Aquest nivell s'interpreta com a dunes que procedien de la costa. Les datacions que aporta Fornós *et al.* (2009) situen la deposició d'aquestes eolianites fa uns 65 ka.

c) Bretxa en capes 0,1 a 0,3 m de potència constituïda per clasts angulosos i heteromètrics amb una mida mitjana de 3 a 5 cm. Els clasts són fragments de les dolomies juràssiques del basament. La matriu consisteix en arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,363 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant de 85% i el mineral predominant és la calcita. El seu aspecte és en general massiu. Aquest dipòsit s'interpreta com un *debris-flow*.

d) Gresos en capes de 0,8 a 2 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,33 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats és superior al 90% i l'anàlisi mineralògica indica que el mineral predominant és la calcita. Les estructures sedimentàries observades són l'estratificació horitzontal que canvia lateralment cap a estratificació encreuada. S'observa alguna petjada de *Myotragus*. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 49°/23° E. Aquest nivell s'interpreta com a eolianites. Fornós *et al.* (2009) situa la deposició d'aquestes eolianites fa uns 44 ka.

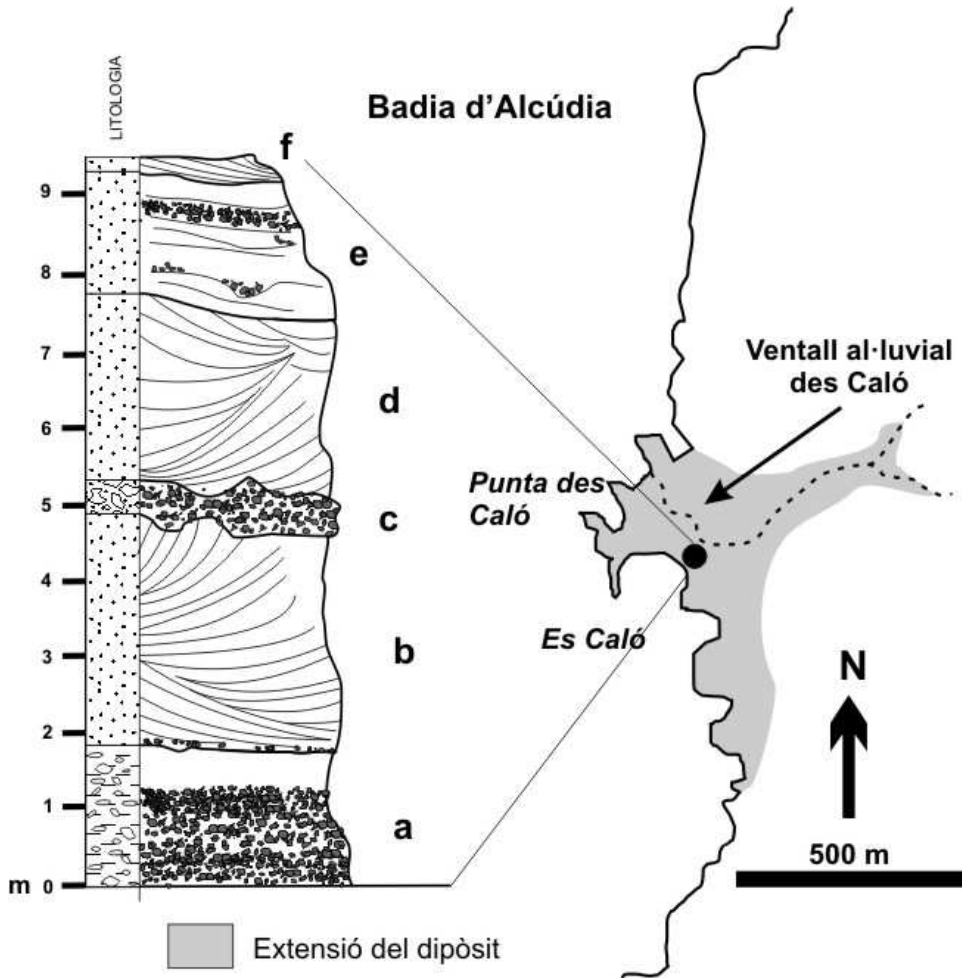


Fig. 4. Localització del tall estratigràfic representatiu del ventall al·luvial des Caló (veure localització a la Fig. 1, zona 2)

Fig. 4. Location of the stratigraphical section of es Caló fan (see location at Fig. 1, site 2).

e) Gresos en capes de 1 a 2 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,34 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant del 85% i el mineral majoritari és la calcita. Mostra estratificació

horitzontal que evoluciona lateralment a encreuada de baix angle amb alguna estructura en forma de canal intercalada. Poden aparèixer algunes capes horitzontals de conglomerat primes de fins a 0,1 m de potència que contenen clasts heteromètrics angulosos a subangulosos, amb una mida

mitjana de 2 a 10 cm. Es poden observar algunes petjades de *Myotragus*. Alguns eixos de canals mesurats assenyalen una direcció del paleocorrent WSW-ENE. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport en forma d'escorrentia difusa (*sheetflow*).

f) Gresos en capes de 0,2 a 0,4 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,34 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats és pròxim al 90% i els resultats de l'anàlisi mineralògic indiquen una predominança de calcita. Les estructures sedimentàries observades són l'estratificació horitzontal i encreuada. L'exposició d'aquest nivell sobre el ventall permet observar algunes formes relictives de dunes parabòliques. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 175°/20° E. Aquest nivell s'interpreta com eolianites. Fornós *et al.* (2009) situa la deposició d'aquestes eolianites fa 34 ka.

Albarca (Mallorca)

Els dipòsits d'Albarca es situen a la zona central de la costa nord de les serres de Llevant (Fig. 1). Es tracta de potents dipòsits que ocupen de manera quasi contínua un tram de costa d'un quilòmetre de longitud, limitat a l'est per la platja de sa Fontsalada i a l'oest pel morro d'Albarca (Fig. 5). Es disposen en forma de rebliments de vall formant penya-segats verticals de 4 a 10 m amb algunes plataformes rocoses estretes i inclinades a la base ocupades per blocs caiguts del penya-segat. El basament que constitueix aquesta zona són gresos calcaris del Cretaci inferior amb una mida de gra fina de color gris i elevada presència de fractures i diàclasis reomplertes de calcita (Bourrouilh, 1983; IGME, 1991a). L'estructura plegada del basament conforma uns turons arrodonits de fins a 90

m snm que als seus vessants costaners es caracteritzen per penya-segats quasi verticals amb un perfil convex que poden assolir fins 50 m snm, interromputs per alguns entrants ocupats per petites platges. A la zona estudiada, està configurada per 5 conques amb una superfície de 2 a 4 ha que compten amb un únic canal de 200 a 400 m de longitud encaixat a les capes superiors dels dipòsits quaternaris formant una desembocadura penjada sobre la costa. Aquests dipòsits estan constituïts totalment per capes de gresos. A continuació es descriuen dos talls (A i B) corresponents a dos dels principals trams de costa ocupats pels dipòsits (Fig. 5).

Tall A

a) Gresos en capes de 0,5 a 1,8 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,37 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa pròxim a 85% i el mineral majoritari és la calcita. Aquest nivell presenta en general capes massives que podem canviar a certa estratificació horitzontal. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

b) Gresos en capes de 0,8 a 3 m de potència composts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra de 0,37 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant del 90% i el mineral predominant es la calcita. Presenta capes amb estratificació horitzontal que pot canviar a estratificació encreuada de baix angle. Es pot observar alguna estructura de canal. S'observen alguns clasts angulosos producte de l'erosió del basament cretaci. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma laminar (*sheetflow*).

c) Gresos en capes de 1 a 1,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament classificades amb una mida

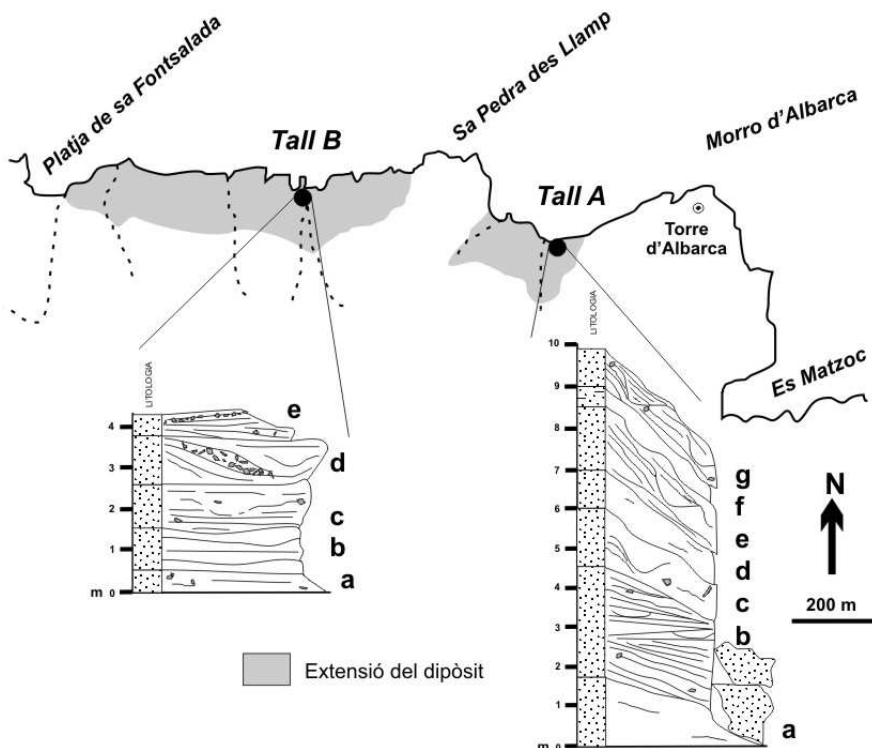


Fig. 5. Localització dels talls estratigràfics representatius de la zona d'Albarca (veure localització a la Fig. 1, zona 3).

Fig. 5. Location of the main stratigraphical sections at Albarca (see location at Fig. 1, site 3).

de gra mitjana de 0,36 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa al voltant del 80% i el mineral majoritari és la calcita. Aquest nivell presenta en general un aspecte massiu que lateralment pot canviar a certa estratificació encreuada i estructures en forma de canal massiu. S'observen clasts angulosos surant dins el sediment amb unes mides mitjanes de 2 a 4 cm. Els clasts procedeixen del basament cretaci. S'interpreta com un dipòsit col·luvial de localment el transport tendia a concentrar-se i formar xaragalls (*streamflow*).

d) Gresos en capes de 0,6 a 1 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra

mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant del 80% i el mineral majoritari és la calcita. Aquest nivell mostra un aspecte massiu que pot canviar a certa estratificació encreuada de baix angle i bioturbació per vegetació. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

e) Gresos en capes de 0,8 a 1,5 m de potència composts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,35 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats és pròxim 90% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació horitzontal que lateralment canvia a estratificació ondulada, estratificació encreuada en forma de canal i capes

massives. També s'observen estructures en forma de canal reomplertes de làmines horitzontals. Localment s'observa bioturbació per vegetació. La direcció mitjana del paleocorrent assenyalada pels eixos dels canals és NNW-SSE. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial caracteritzat per un transport de forma laminar de rentat del vessant (*sheetflow*) que pendent avall es podia concentrar formant xaragalls. Posteriorment es reomplien per sediments arrossegats de manera difusa formant fluxos laminars.

f) Gresos amb alt contingut en llims en capes de 0,2 a 0,5 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,35 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa pròxim al 80% i el mineral predominant és la calcita amb certa presència de dolomita i quars. Aquest nivell presenta un aspecte massiu i bioturbació per vegetació. S'observen alguns clasts angulosos surant dins el sediment de no més de 3 cm. S'interpreta com un dipòsit col·luvial.

g) Gresos en capes de 0,7 a 1 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,34 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant del 85% i el mineral predominant és la calcita. Mostra capes massives que lateralment canvien a estratificació horitzontal i estructures en forma de llentia reomplertes per capes horitzontals que tallen les capes anteriors, així com també alguns canals massius. Surant dins el sediment s'hi observen clasts angulosos amb una mida mitjana de 2 a 4 cm i d'altres de poc més de 1 cm procedents dels gresos calcaris del basament. La direcció mitjana del paleocorrent assenyalada pels eixos dels canals és N-S. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un

transport que tendia a concentrar-se pendent avall formant canals que posteriorment s'anaven reomplint així com s'abandonaven i se'n formaven de nous que tallaven els sediments dipositats.

Tall B

a) Gresos en capes de 0,2 a 0,5 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa al voltant del 85% i el mineral predominant és la calcita. Presenta un aspecte en general massiu amb alguna estructura de canal massiu. S'observa certa bioturbació per vegetació. Poden observar-se clasts angulosos surant dins el sediment de no més de 2 cm. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

b) Gresos en capes de 0,4 a 0,8 m de potència composts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,35 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats és pròxim a 80% i el mineral majoritari és la calcita. Presenta capes horitzontals massives amb una potència de 0,2 m amb certa bioturbació per vegetació. S'hi observa alguna estructura de canal massiu. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

c) Gresos en capes de 0,7 a 1 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant de 90% i el mineral predominant és la calcita. Mostra estratificació horitzontal molt emmascarada per l'elevat grau de bioturbació per vegetació tallada per estructures en forma de canal. S'observen clasts angulosos amb una mida mitjana de 2 a 4 cm surant dins el sediment procedents del basament. És possible observar petjades de *Myotragus*. Aquest nivell s'interpreta

com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma laminar (*sheetflow*) que es podia concentrar i formar canals a una zona molt colonitzada per vegetació.

d) Gresos en capes de 0,4 a 1 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,4 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa pròxim a 80% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació encreuada canviant a certa estratificació encreuada en forma de canal. S'observen estructures en forma de canal reomplertes per lleties de clasts angulosos de 1 a 3 cm. Els clasts es disposen imbricats en passades formant petites barres. Localment s'observa certa bioturbació per vegetació. La direcció del paleocorrent mitjana assenyalada pels eixos dels canals és NNE-SSW. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport concentrat formant canals.

e) Gresos en capes de 0,3 a 0,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,33 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant de 85% i el mineral majoritari és la calcita. Mostra estratificació horitzontal canviant a estratificació encreuada de baix angle. Localment mostra bioturbació per vegetació. Apareix alguna passada horitzontal de clasts angulosos d'uns 3 cm. Es tracta d'un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma laminar sobre el vessant.

Algaiarens (Menorca)

Els dipòsits d'Algaiarens es situen a l'extrem occidental de la costa nord menorquina (Fig. 1). Es tracta de petits afloraments de pocs metres de potència que es disposen de forma irregular als dos flancs de la cala d'Algaiarens sobre dos

turons que tanquen la cala: coster de ses Fontanelles (65 m) i puig Tremolor (38 m). El basament que conforma aquests relleus correspon a les dolomies en fàcies Muschelkalk del Triàsic mitjà (Bourrouilh, 1983). Aquests dipòsits estan constituïts majoritàriament per gresos i conglomerats que es disposen en forma de dipòsits de vessant molt inclinats. S'han realitzat dos tall (A i B), un a cada flanc de la cala i es descriuen a continuació (Fig. 6).

Tall A

a) Gresos en capes 0,2 a 0,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament classificades amb una mida de gra mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant del 80% i el mineral majoritari és la calcita. Aquest nivell mostra un aspecte massiu que canvia localment a una certa estratificació horitzontal. S'hi poden observar clasts angulosos aïllats surant dins el sediment. S'interpreta com un dipòsit col·luvial.

b) Gresos en capes de 0,5 a 2,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,32 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats és pròxim al 85% i el mineral majoritari és la calcita. Aquest nivell mostra estratificacions horitzontals de fins a 0,25 m de potència que canvien lateralment a estratificació encreuada de baix angle. Localment es pot observar certa laminació interna imbricada de 1 a 2 cm de potència cabussant pendent amunt. Poden observar-se certes estructures de canal massiu. Surant dins el sediment hi ha clasts angulosos a molt angulosos, heteromètrics de mida mitjana de 2 a 5 cm amb màxims de fins a 20 cm. Localment poden disposar-se en passades horitzontals que mostren certa imbricació. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial caracteritzat per

un transport gravitatori del sediment en forma de petits *debris-flows* però en general es tracta d'un escolament difús en forma de làmina (*sheetflow*).

c) Gresos en capes de 0,1 a 0,4 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,41 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats és situa al voltant de 70% i el mineral majoritari és la calcita, encara que també hi ha certa presència de quars. L'estructura sedimentària característica d'aquest nivell és l'estratificació horitzontal que canvia a capes massives. Les capes mostren bioturbació per la vegetació i clasts molt angulosos surant dins el sediment sense cap tipus d'organització. S'hi observa una petita presència de llims. S'interpreta com un dipòsit col·luvial amb un transport poc actiu degut a la colonització per vegetació.

d) Gresos en capes de 0,4 a 1 m de potència composts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,43 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa pròxim al 70% i el mineral predominant és la calcita, amb presència de dolomita i quars. Aquest nivell presenta estratificació horitzontal canviant a estratificació encreuada de baix angle. Pot observar-se alguna estructura en forma de canal amb alguns clasts angulosos a l'interior que lateralment canvia a laminacions imbricades tot seguint el pendent del vessant. Presenta clasts angulosos a molt angulosos surant dins tot el nivell. Bioturbació per vegetació. Aquest nivell s'interpreta com un nou dipòsit col·luvial caracteritzat per un transport en forma de *debris-flows*

Tall B

a) Conglomerat en capes de 0,3 a 1,8 m format per clasts arrodonits amb certa tendència a allargats, heteromètrics amb

unes mides mitjanes de 5 a 10 cm (màxims de 30 cm). Els clasts són majoritàriament fragments procedents de les dolomies triàsiques. En general els clasts es disposen suportats per la matriu però cap a la mar tendeixen a clast-suportats. Es mostren imbricats cabussant cap a la costa. La matriu està constituïda per arenas bioclàstiques amb presència de llims de color 10YR 7/6. El contingut en carbonats es situa al voltant de 75% i l'anàlisi mineralògica indica una predominança de la calcita amb presència de quars. Mostra estratificació encreuada cabussant cap a la mar amb cicles granodecreixents. Les capes superiors mostren certa estratificació horitzontal. Terra endins i cap a la part superior el contingut en llims de la matriu augmenta. La potència d'aquest conglomerat disminueix cap a la mar. S'hi observen fragments de gasteròpodes marins com *Persististrombus latus* característics de la fauna càlida del MIS 5e. Aquest nivell s'interpreta com una platja de còdols de la qual se pot observar la progradació de diferents bermes. Aquesta característica indica una progressiva regressió del nivell marí acompanyat d'un augment d'aportació sedimentaria terrígena a la zona de *backshore* representat per l'augment de llims terra endins.

b) Paleosòl de fins 0,3 m de potència constituït per llims vermellors de color 10YR 7/4. El contingut en carbonats es situa al voltant del 30% i els minerals predominants són el quars i la dolomita. Poden observar-se alguns clasts angulosos i també d'arrodonits procedents del nivell inferior. Aquesta capa de paleosòl va perdre potència cap a la mar fins a desaparèixer.

c) Gresos en capes de 0,2 a 0,4 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color

10YR 8/3. El contingut en carbonats és pròxim al 85% i el mineral predominant és la calcita. Aquest nivell presenta capes massives però localment se pot intuir certa estratificació encreuada. En general, mostra un alt grau de bioturbació per vegetació. Les capes mostren certa forma de falca als extrems i estan separades per una capa prima d'1 a 3 cm de potència de llims vermel·losos. S'interpreta com dunes molt

colonitzades per vegetació procedents de la costa.

d) Paleosòl de fins 0,3 a 0,5 m de potència constituït per llims vermel·losos de color 10YR 7/4. El contingut en carbonats es situa al voltant del 35% i els minerals predominants són el quars i la dolomita. Poden observar-se alguns clast angulars formant petites passades horitzontals o llients.

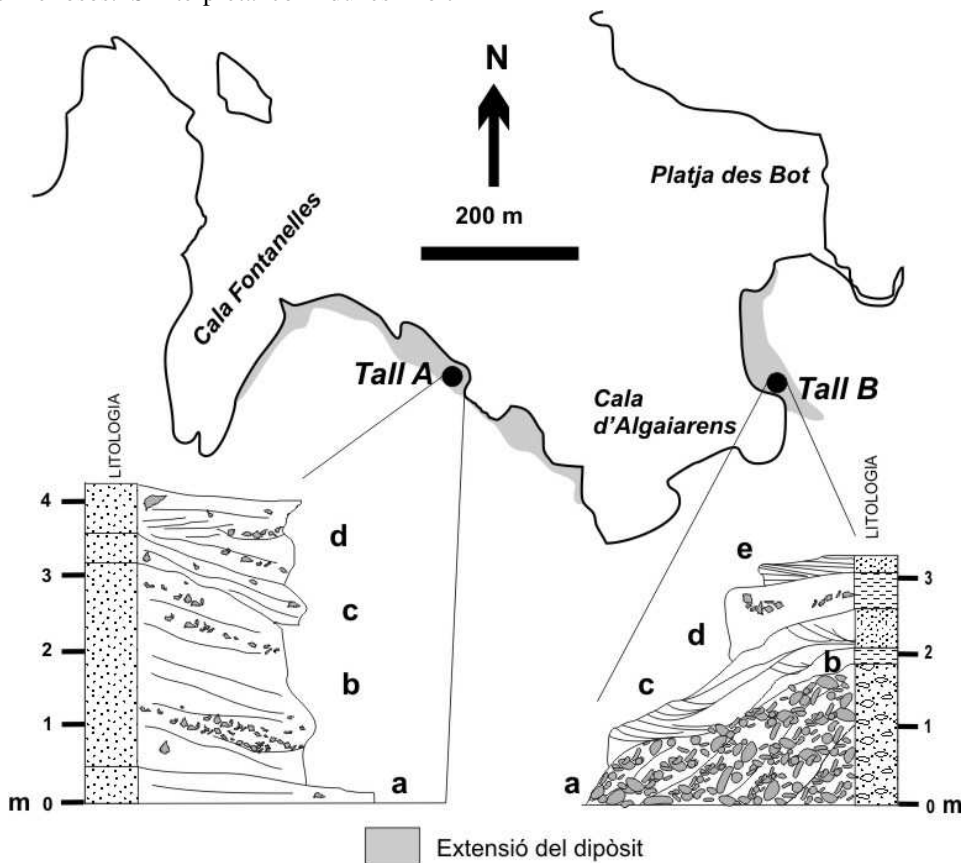


Fig. 6. Localització dels tall estratigràfics representatius de la zona d'Algaiarens (veure localització a la Fig. 1, zona 4).

Fig. 6. Location of the main stratigraphical sections at Algaiarens (see location at Fig. 1, site 4).

e) Gresos en capes de fins a 0,25 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,37 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa pròxim al 90% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació horitzontal amb laminació interna encreuada de baix angle amb una potència de 0,5 a 1 cm. Pot observar-se alguna petjada de *Myotragus*. Aquest nivell s'interpreta com dunes que procedien de la costa.

Ets Alocs (Menorca)

Aquests dipòsits es situen en un tram de costa entre la cala del mateix nom i cala Calderer (Fig. 1). Consisteixen en afloraments d'uns pocs metres de potència que ocupen trams de costa de manera irregular d'entre 150 i 350 m longitud i que es disposen adossats a vessants molt inclinats o penya-segats. Els dipòsits formen un penya-segat quasi vertical d'uns 6 m d'altura amb una plataforma rocosa lleugerament inclinada cap a la mar d'uns 15 m d'amplada a la base. La costa es caracteritza per la presència de turons molt pròxims d'entre 100 i 150 m d'altura modelats per torrents de fins 400 m de longitud pràcticament rectilinis. En alguns casos els torrents s'encaixen dins els dipòsits quaternaris i formen una desembocadura penjada a uns pocs metres sobre el nivell de la mar. Les conques que alimenten aquests torrents tenen unes superfícies de 2 a 8 ha. El basament que constitueix aquestes conques és una alternança de capes plegades de 5 a 15 cm de gresos i llims amb un elevat grau d'esquistositat corresponents al Permià superior (Bourrouilh, 1983). Els dipòsits d'ets Alocs estan constituïts per potents capes de gresos amb algunes capes de bretxes intercalades. A continuació es

descriuen dos talls (A i B) corresponents a un dels afloraments més continu i complet de la zona (Fig. 7).

Tall A

a) Gresos en capes de 0,3 a 1,5 m de potència que consisteixen en arenas bioclàstiques moderadament classificades amb una mida de gra mitjana de 0,31 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa al voltant del 70% i el mineral predominant és la calcita però també hi ha certa presència de quars. Presenta un aspecte massiu amb alguns clasts angulosos aïllats surant dins el sediment. Localment s'observa bioturbació per vegetació. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

b) Bretxes en capes de 0,1 a 0,25 m de potència constituïdes per clasts angulosos a molt angulosos, heteromètrics amb unes mides mitjanes de 4 a 10 cm i suportats per la matriu. Majoritàriament són fragments procedents de les capes de gresos del basament. La matriu està constituïda per llims vermellosos de color 10YR 7/4 amb cert contingut en arena bioclàstica que pot variar localment. El contingut en carbonats es situa pròxim al 26% i el mineral predominant és el quars. En general mostra un aspecte massiu i la presència de clasts pot variar de 5 a 20%. Localment pot mostrar certa estratificació horitzontal. S'interpreta com un dipòsit col·luvial.

c) Gresos en capes de 1 a 3 m de potència constituïdes per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,42 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa al voltant de 70% i el mineral predominant és la calcita. Les estructures sedimentàries característiques d'aquest nivell són l'estratificació horitzontal que lateralment canvia a estratificació encreuada de baix angle; capes massives canviant cap a laminació horitzontal i

laminació imbricada; puntualment estratificació encreuada en forma de canal i estructures en forma de canal massiu. Localment pot observar-se bioturbació per vegetació i clasts angulosos surant dins el sediment. També és possible observar petjades de *Myotragus*. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit transportat en general per una esorrentia difusa però que puntualment es concentrava formant canals. Algunes estructures com la laminació imbricada suggereixen intercalació de *debris-flows*.

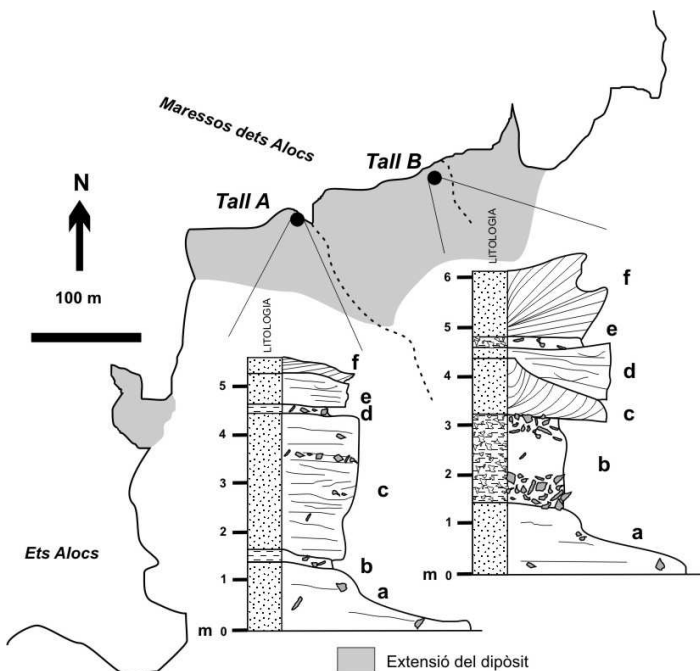
d) Bretxa en capes de 0,1 a 0,2 m de potència constituïda clasts angulosos, heteromètrics amb una mida mitjana de 4 a 10 cm i suportats per la matriu. Majoritàriament són fragments de les capes de gresos del basament. La matriu està composta de llims vermellosos color 10YR

7/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 22% i el mineral predominant és el quars. La presència de clasts en aquest nivell varia localment des de 2% a 20%. S'interpreta com un dipòsit col·luvial.

e) Gresos en capes de 0,25 a 0,7 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa pròxim a 70% i el mineral predominant és la calcita, així com també certa presència de quars. Mostra estratificació horitzontal que pot difuminar-se i canviar capes quasi massives amb alguna estructura en forma de canal massiu i bioturbació per vegetació. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma difusa (*sheetflow*).

Fig. 7. Localització dels talls estratigràfics representatius de la zona dels Alocs (veure localització a la Fig. 1, zona 5).

Fig. 7. Location of the main stratigraphical sections at ets Alocs (see location at Fig. 1, site 5).



f) Gresos en capes de 0,1 a 0,25 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant de 85% i l'anàlisi mineralògic indica una predominança de la calcita. Presenta estratificació horitzontal canviant lateralment a estratificació encreuada de baix angle. Mostra bioturbació per vegetació, estructures de motlles d'arrels i petjades de *Myotragus*. És possible observar algunes estructures de dunes parabòliques en planta que indiquen una procedència de la costa. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 200°/23° S. Aquest nivell s'interpreta com eolianites.

Tall B

a) Gresos en capes de 0,2 a 1,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament classificades amb una mida de gra mitjana de 0,31 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa al voltant del 70% i el mineral predominant és la calcita però també hi ha certa presència de quars. Presenta un aspecte massiu amb alguns clasts angulosos aïllats surant dins el sediment. Localment s'observa bioturbació per vegetació i motlles d'arrels. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

b) Bretxes en capes de 0,25 a 1,9 m de potència constituïdes per clasts angulosos a molt angulosos, heteromètrics amb unes mides mitjanes de 5 a 10 cm, amb màxims de fins 20 cm i suportats per la matriu. Majoritàriament són fragments procedents de les capes de gresos del basament. La matriu està constituïda per llims vermellosos de color 10YR 7/4 amb cert contingut en arena bioclàstica. El contingut en carbonats es situa pròxim al 28% i el mineral predominant és el quars i

la dolomita. Presenta capes horitzontals massives que lateralment poden canviar a estratificació encreuada de baix angle. S'observa imbricació dels clasts. Mostra una capa inferior de bretxes amb matriu llimosa, a continuació una capa amb poca presència de clasts i matriu areno-llimosa i finalment una capa superior amb passades horitzontals de clasts amb matriu areno-llimosa. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit de vessant.

c) Gresos en capes de 0,5 a 1,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,36 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant 90% i el mineral predominant és la calcita. Mostra estratificació encreuada i bioturbació per vegetació. La direcció mitjana de cabussament de les capes és 195°/29° S. Aquest dipòsit s'interpreta com dunes que procedien de la costa.

d) Gresos en capes de 0,2 a 1 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,4 mm i color 10 YR 8/3. El contingut en carbonats és pròxim a 75% i el mineral predominant és la calcita tot i que hi ha certa presència de quars. Mostra capes amb estratificació horitzontal massives que poden canviar lateralment cap a estratificació encreuada de baix angle i encreuada en forma de canal. Pot aparèixer algun clast angulós surant dins el sediment. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma difusa (*sheetflow*).

e) Bretxa en capes de 0,2 a 0,4 m de potència consistent en clasts angulosos a molt angulosos, heteromètrics amb una mida mitjana de 2 a 5 cm. Es disposen suportats per la matriu amb una presència de 20% que localment pot reduir-se fins a

la desaparició. El contingut en carbonats es situa al voltant del 30% i el mineral predominant és el quars. Presenta un aspecte massiu. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

f) Gresos en capes de 0,8 a 2 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa pròxim al 95% i el mineral predominant és la calcita. Aquest nivell mostra estructures d'estratificació horitzontal que lateralment canvia a estratificació encreuada de baix angle i estratificació encreuada. Localment presenta bioturbació per vegetació i motlles d'arrels. També presenta petjades de *Myotragus*. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 221°/30° S. S'interpreta com dunes que procedien de la costa.

Binimel·là (Menorca)

Aquests dipòsits es situen al flanc est de la platja de Binimel·là (Fig. 1). En aquest tram de costa, d'uns 350 m de longitud, hi apareixen de manera molt irregular i altament erosionats petits dipòsits de sediments quaternaris. Al punt on s'hi observa una seqüència més completa consisteix en un petit aflorament en forma de dipòsits de vessant adossat a la desembocadura d'una conca de no més de 4 ha. Els relleus més pròxims no superen 75 m i es tracta de turons arrodonits constituïts per una alternança de capes plegades de 5 a 15 cm de gresos i llims amb un elevat grau d'esquistositat corresponents al Permià superior (Bourrouilh, 1983). Els dipòsits de Binimel·là estan constituïts majoritàriament per gresos amb la presència d'alguna capa de llims. S'han

realitzat dos talls (A i B) que es descriuen a continuació (Fig. 8).

Tall A

a) Basament corresponent als gresos i llims del Permià superior formant un esglaó de fins a 1 m snm amb una estreta plataforma davant recoberta per una platja de graves i blocs de gresos quaternaris.

b) Gresos en capes de 0,4 a 1,8 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques moderadament classificades amb una mida de gra mitjana de 0,42 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa pròxim al 70% i el mineral predominants és calcita però també hi ha certa presència de quars. Presenta capes massives que lateralment canvien cap estratificació horitzontal i ondulada. S'observen algunes estructures en forma de canal massiu. Localment s'observa bioturbació per vegetació. Pot aparèixer alguna passada horitzontal de clasts molt angulosos. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial de vessant.

c) Paleosòl en capes no superiors a 0,3 m de potència constituït per llims vermellosos amb presència d'arena bioclàstica de color 10YR 7/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 42% i els minerals predominants són el quars i la calcita.

d) Gresos en capes de 0,4 a 0,7 m de potència consistents en arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 75% i el mineral predominant és la calcita. Mostra capes massives que lateralment poden canviar cap estratificació ondulada massiva i al grau de bioturbació per vegetació. Pot observar-se algun clast angulós aïllat surant dins el sediment. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial.

e) Gresos en capes de 0,2 a 0,8 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,33 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa pròxim al 90% i l'anàlisi mineralògica assenyalava la calcita com a mineral predominant. Les estructures sedimentàries característiques d'aquest nivell són l'estratificació encreuada de baix angle i l'estratificació encreuada. Presenta bioturbació per vegetació i motlles d'arrels. La direcció

mitjana del cabussament de les capes és 110°/24° S. S'interpreta com eolianites.

Tall B

a) Paleosòl en capes de 0,2 a 0,5 m de potència constituït per llims vermellorsos de color 10YR 7/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 26% i el mineral predominant és el quars amb presència de dolomita. Conté certa presència d'arena bioclàstica.

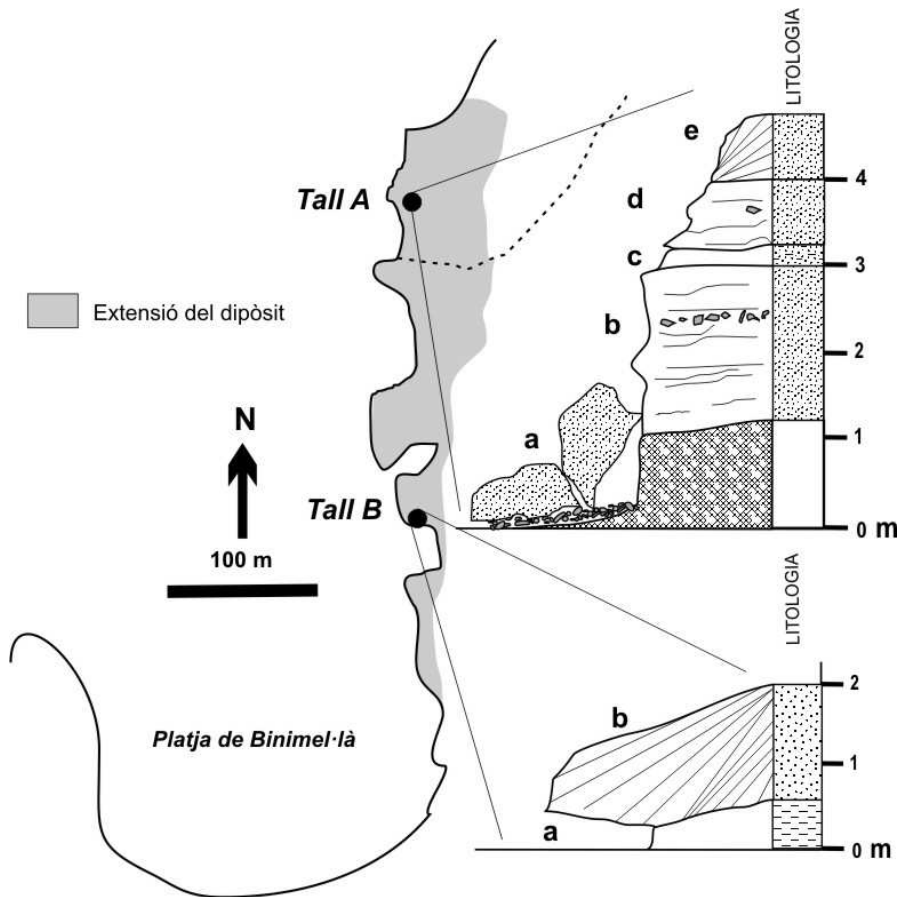


Fig. 8. Localització dels talls estratigràfics representatius de la zona de Binimel·là (veure localització a la Fig. 1, zona 6).

Fig. 8. Location of the main stratigraphical sections at Binimel·là (see location at Fig. 1, site 6).

b) Gresos en capes de 0,5 a 1,5 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,32 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant del 90% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació encreuada de baix angle canviant lateralment a estratificació encreuada cabussant cap a la costa amb els extrems disposats de forma asimptòtica. Es poden observar alguns motlles d'arrels sobre la seva superfície. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 145°/26° W. Aquest nivell s'interpreta com eolianites.

Cavalleria – Cala Mica (Menorca)

Aquests dipòsits estan emplaçats entre cala Mica i la platja de Cavalleria a la costa nord de Menorca (Fig. 1). Es tracta de dos petits dipòsits situats a la zona costanera més deprimida de dues conques. D'una banda el dipòsit de Cavalleria es disposa sobre un vessant formant un talús inclinat al flanc oest de la platja i per l'altra, el dipòsit de cala Mica es disposa sobre la costa en forma de petit ventall al flanc est de la cala. Les conques tenen unes superfícies de 5 a 8 ha i estan travessades per un torrent de no més de 400 m de longitud. Els relleus que delimiten les conques són turons arrodonits d'entre 50 i 60 m i estan constituïts per materials del Permià superior consistents en alternança de capes plegades de gresos i llims de 5 a 15 cm de potència (Bourrouilh, 1983). Els dipòsits quaternaris estan constituïts totalment per gresos. A continuació es fa una descripció dels dipòsits de la platja de Cavalleria i de cala Mica (Fig. 9).

Tall platja de Cavalleria (PC)

a) Gresos en capes de 0,4 a 0,9 m de potència constituïts per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra

mitjana de 0,43 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats és situa al voltant de 70% i el mineral predominant és la calcita. Aquest nivell mostra capes horitzontals massives que poden canviar a capes ondulades amb certa bioturbació per vegetació. S'interpreta com un dipòsit col·luvial.

b) Gresos en capes de 0,3 a 2 m de potència constituïts arenas bioclàstiques moderadament classificades amb una mida de gra mitjana de 0,4 mm i color 10YR 8/3. Hi ha certa presència de llims. El contingut en carbonats es situa al voltant de 65% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació horitzontal que lateralment canvia a estratificació encreuada de baix angle o capes massives. Mostra bioturbació per vegetació i petjades de *Myotragus*. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma laminar (*sheetflow*).

c) Gresos en capes de 0,1 a 0,25 m de potència formats per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,41 mm i color 10YR 8/3. El contingut en carbonats es situa pròxim al 85% i el mineral predominant és la calcita. Mostra estratificació horitzontal canviant cap estratificació encreuada de baix angle. Presenta un alt grau de bioturbació per vegetació. Aquest nivell s'interpreta com eolianites.

Tall cala Mica (CM)

a) Gresos en capes de 1 a 2 m de potència constituïdes per arenas bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/4. Hi ha certa presència de llims. El contingut en carbonats és pròxim a 75% i el mineral predominant és la calcita. Les estructures sedimentàries característiques d'aquest nivell són les capes ondulades massives canviant lateralment cap

estratificació horitzontal o estructures en forma de lòbul. De forma local s'hi observa bioturbació per vegetació. També pot presentar algun clast angulós surant dins el sediment. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial caracteritzat per un transport laminar que pot concentrar-se formant petits *debris-flows* arenosos.

b) Gresos en capes de 0,8 a 1,5 m de potència consistents en arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,38 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es

situa al voltant de 95% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació horitzontal canviant cap estratificació encreuada de baix angle i estratificació encreuada. Les capes mostren laminació interna molt regular de 0,5 a 1 cm de potència. Certa bioturbació per vegetació a totes les capes i petjades de *Myotragus*. La direcció mitjana de cabussament de les capes és 93°/20° S. S'interpreta com dunes que procedien de la costa.

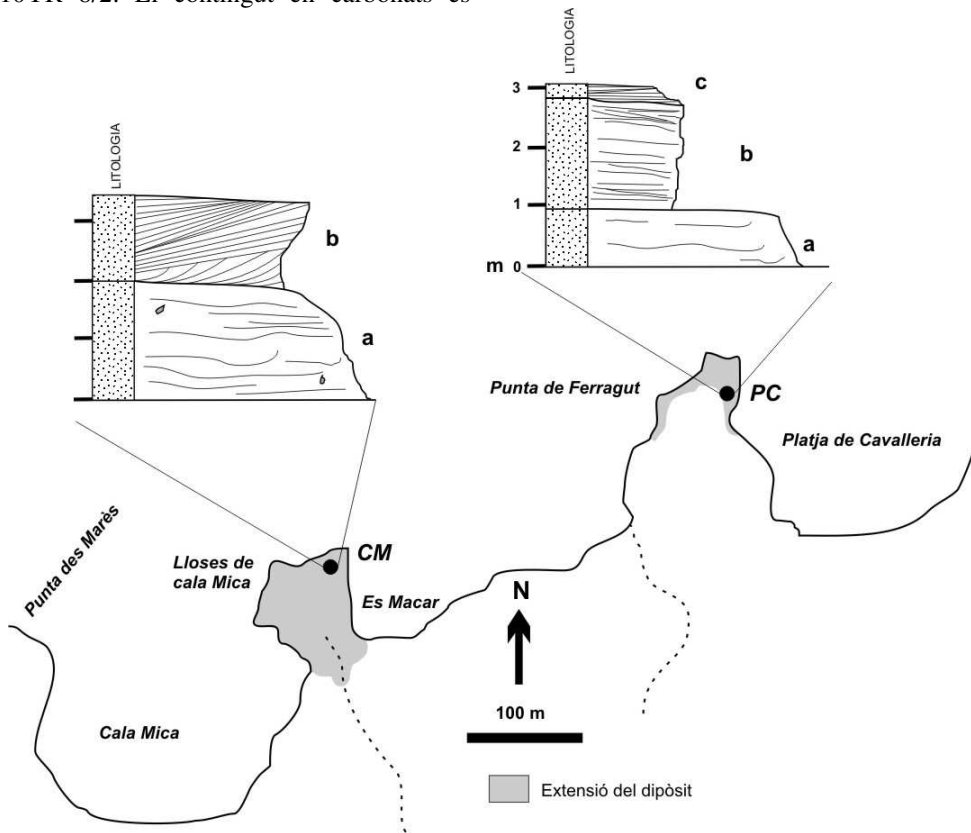


Fig. 9. Localització dels talls estratigràfics representatius de la zona de Cavalleria-Cala Mica (veure localització a la Fig. 1, zona 7).

Fig. 9. Location of the main stratigraphical sections at Cavalleria-Cala Mica (see location at Fig. 1, site 7).

Pedrera de sa Nitja (Menorca)

Els dipòsits de la pedrera de sa Nitja se situen a una àmplia raconada flanquejada de penya-segats i costers entre la platja de Cavalleria i el port de sa Nitja (Fig. 1). Es tracta d'un dipòsit més o manco continu que ocupa un tram de costa rectilini d'uns 200 m de longitud. El dipòsit es disposa inclinat formant un dipòsit de vessant sobre un coster que assoleix fins a 36 m snm. Els materials que conformen el basament són dolomies amb una elevada presència de diàclasis de la fàcies Muscheskalk del Triàsic mitjà (Bourrouilh, 1983). L'explotació d'aquests dipòsits com a pedreres de marès ha permès l'exposició de diversos talls estratigràfics que mostren l'arquitectura dels cossos sedimentaris. Aquests dipòsits estan constituïts majoritàriament per gresos però també és possible observar algunes capes de bretxes. A continuació es descriuen els nivells d'un tall representatiu dels dipòsits de la pedrera de sa Nitja (Fig. 10):

a) Gresos en capes de 0,5 a 2,5 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,37 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa pròxim al 80% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació horitzontal canviant cap estratificació encreuada de baix angle i puntualment alguna estructura en forma de canal massiu. Poden observar-se algunes passades de petits clasts angulosos amb una mida de fins 0,5 cm. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial caracteritzat per un transport sedimentari de manera laminar (*sheetflow*) de les aigües que rentaven el vessant i que localment es concentrava formant algun xaragall.

b) Gresos en capes de 0,3 a 1 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra

mitjana de 0,39 mm i color 10YR 8/4. Hi ha certa presència de llims. El contingut en carbonats es situa al voltant de 85% i el mineral predominant és la calcita. Mostra capes massives i amb estratificació horitzontal que poden canviar lateralment cap estratificació encreuada de baix angle i estructures en forma de canal. És possible observar estructures en planta sobre aquest nivell en forma de lòbul pendent avall que poden contenir clasts angulosos a molt angulosos amb una mida de 2 a 5 cm. També s'hi observen puntualment capes intercalades de breixa massiva d'un 0,25 m de potència constituïdes per clasts molt angulosos i suportats per la matriu. En general totes les capes poden mostrar clasts surant dins el sediment amb algun bloc de fins a 40 cm i bioturbació per vegetació. Els clasts procedeixen de les dolomies triàsiques. S'interpreta com un dipòsit col·luvial caracteritzat puntualment per un transport en forma de *sheetflow* però que en general hi predominen petits *debris-flow* arenosos.

Tirant – Fornells (Menorca)

Els dipòsits que se presenten a continuació se situen a un tram de costa situat al centre de la costa nord menorquina, entre Fornells i cala Tirant (Fig. 1 i 11). Aquests dipòsits constitueixen la totalitat de la costa ocupant un tram de poc més de 1 km i formant petits penya-segats de fins a 7 m d'alçària i plataformes rocoses inclinades cap a la mar d'amplada variable. Es disposen ocupant les zones més deprimides de les conques i els vessants costaners, formant dipòsits de vessant o rebliments de vall. En aquesta zona està constituïda per una alineació de 9 petites conques amb superfícies que van des d'1 ha fins a 14 ha. Els relleus que delimiten les conques no superen els 100 m d'altura sobre el nivell

de la mar i estan constituïts per alternança de capes plegades de gresos i llims del Devonian inferior amb una elevada presència de diàclasis (Bourrouilh, 1983). Es tracta d'uns dipòsits constituïts bàsicament per gresos i bretxes amb alguna capa de conglomerat a la base. Juntament amb els dipòsits d'ets Alocs són els que presenten una estratigrafia més completa i contínua de

tots els dipòsits menorquins descrits en aquest treball.

A continuació es descriu un tall representatiu dels nivells que es poden observar a Tirant-Fornells (Fig. 11):

a) Platja de còdols actual que assoleix aproximadament 1,5 m snm i es disposa cobrint el nivell b.

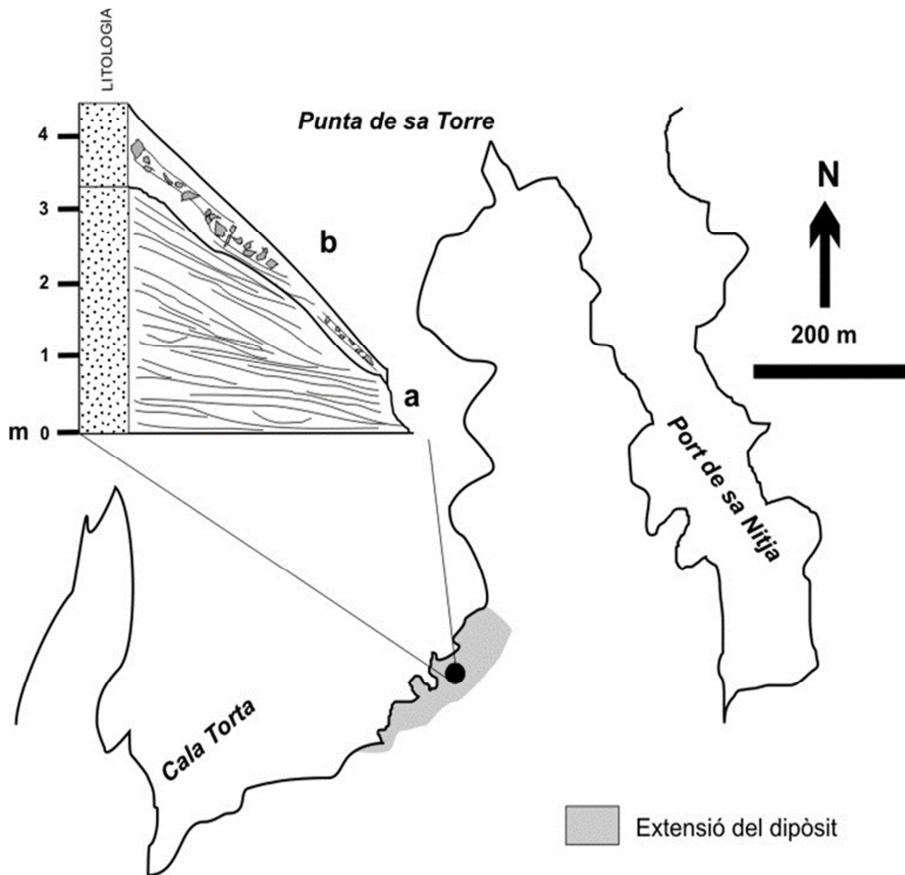


Fig. 10. Localització del tall estratigràfic representatiu de la zona de la pedrera de sa Nitja (veure localització a la Fig. 1, zona 8).

Fig. 10. Location of the main stratigraphical section at sa Nitja quarry (see location at Fig. 1, site 8).

b) Conglomerat en capes de 0,1 a 0,2 m de potència constituïts majoritàriament per clasts arrodonits, heteromètrics, disposats suportats per la matriu amb tendència a clast-suportats, tendeixen a ser allargats amb un eix màxim de 10-20 cm. La matriu està constituïda per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,4 mm i color 10YR 7/6 amb certa presència de llims. El contingut en carbonats es situa al voltant de 70% i el mineral majoritari és la calcita. Poden aparèixer alguns clasts angulosos de no més de 5 cm. Localment els clasts poden estar imbricats i alineats pel seu eix major de manera paral·lela a la costa. Aquest nivell s'interpreta com un nivell de sedimentació costanera que assoleix entre 1,5 i 2 m snm i que Pomar (2016) atribueix al MIS 5e. Es tracta d'una platja de còdols de la qual es pot observar la seva zona subaèria (*backshore*) amb certa interferència terrígena.

c) Bretxa en capes massives de 0,1 a 0,5 m de potència que localment pot arribar a 4 m composta per clasts angulosos i heteromètrics amb una mida mitjana de 5 a 10 cm. Localment presenten certa imbricació i en general es disposen suportats per la matriu. La matriu està constituïda per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,30 mm i color 10YR 7/6. Hi ha presència de llims. El contingut en carbonats es situa al voltant de 60% i els minerals predominats són el quars i els feldspats. L'aspecte general d'aquest nivell és massiu. Poden aparèixer restes de closques de gasteròpodes terrestres. S'interpreta com dipòsits de vessant.

d) Gresos en capes de 0,1 a 1,7 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una

mida de gra de 0,48 mm i color 10YR 7/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 70% i el mineral predominat és la calcita. Presenta un aspecte massiu que lateralment pot canviar a estratificació horitzontal, encreuada de baix angle i encreuada en forma de canal. Poden observar-se alguns clasts angulosos surant dins el sediment. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit col·luvial caracteritzat puntualment per un transport laminar (*sheetflow*).

e) Bretxes en capes de 0,5 a 1,6 m de potència compostes per clasts angulosos, heteromètrics, amb una mida mitjana de 5-8 cm i suportats per la matriu. La matriu està formada per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,41 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa pròxim al 70% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estructures en forma de canal reomplertes de bretxa massiva. La direcció de mitjana dels eixos dels canals és N-S. Aquest nivell s'interpreta com a dipòsits de *debris-flow*.

f) Gresos en capes de 0,5 a 1,5 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,43 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant de 90% i el mineral predominant és la calcita. Mostra estratificació encreuada amb una laminació de 2 a 5 cm de potència i disposades reomplint una superfície erosiva en forma de canal. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 190°/34° E. Aquest nivell s'interpreta com dunes que procedien de la costa i cobrien els dipòsits col·luvials. Les datacions que aporta Pomar (2016) en situen la deposició al voltant de 75 ka.

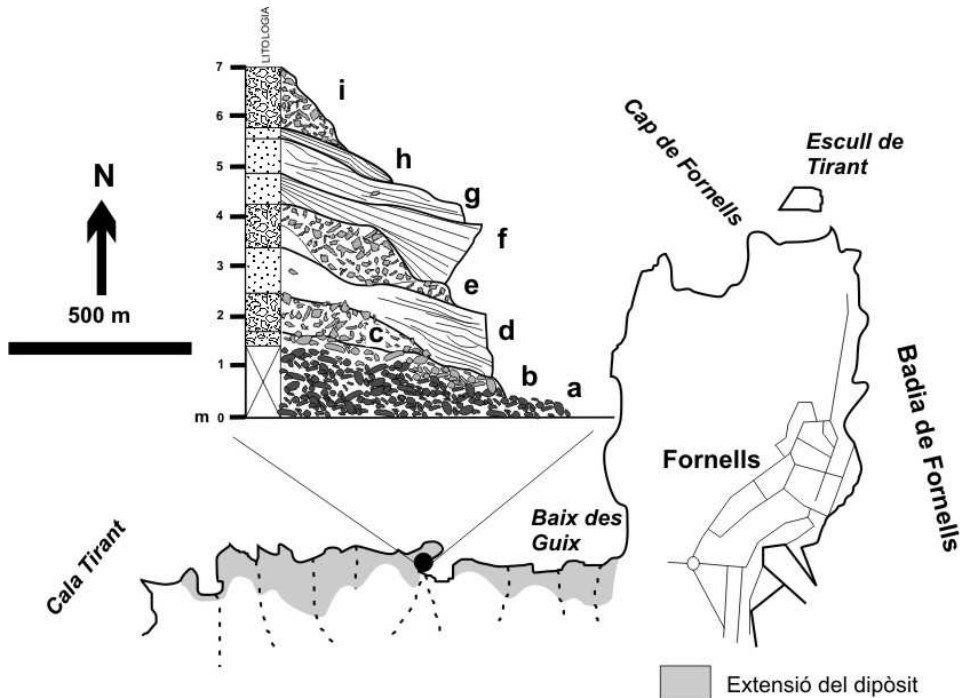


Fig. 11. Localització del tall estratigràfic representatiu de la zona de Tirant-Fornells (veure localització a la Fig. 1, zona 9)

Fig. 11. Location of the main stratigraphical section at Tirant-Fornells (see location at Fig. 1, site 9).

g) .Gresos en capes de 0,3 a 1 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,37 mm i color 10YR 8/4. El contingut en carbonats es situa al voltant de 60% i el mineral predominant és la calcita. Hi ha certa presència de llims. Presenta estratificació horitzontal amb una laminació de 0,5 a 1 cm de potència que pot canviar a estrats de fins a 20 cm i estructures en forma de canal. Tot el nivell mostra bioturbació per vegetació així com també alguns fragments de closques de bivalves. Pot aparèixer algun clast angulós surant dins el sediment. S'interpreta com un

dipòsit al·luvial caracteritzat per un transport de forma laminar (*sheetflow*).

h) Gresos en capes de 0,1 a 0,25 m de potència constituïts per arenes bioclàstiques moderadament ben classificades amb una mida de gra mitjana de 0,4 mm i color 10YR 8/2. El contingut en carbonats es situa al voltant del 95% i el mineral predominant és la calcita. Presenta estratificació encreuada canviant a estratificació encreuada en forma de canal. S'observa bioturbació per vegetació. La direcció mitjana del cabussament de les capes és 185°/20° E. S'interpreta com dunes que procedien de la costa. Les datacions

OSL realitzades en aquests nivells situen la deposició fa uns 60 ka (Pomar, 2016).

i) Bretxa en capes de 0,2 m a 1,2 m de potència constituïda per clasts angulosos a molt angulosos, heteromètrics de 5 a 10 cm i fins a 15 cm. La matriu està constituïda per arena bioclàstica amb una mida de gra mitjana de 0,41 mm i color 10YR 8/4. S'observa certa presència de llims. Els clasts es disposen en general suportats per la matriu però localment poden mostrar-se clast-suportats. El contingut en carbonats es situa al voltant de 80% i el mineral predominant és la calcita. Aquest nivell es presenta majoritàriament en capes horitzontals amb certa estratificació encreuada de baix angle, imbricació dels clasts i localment acumulacions de clasts en forma de llentia. Aquest nivell s'interpreta com un dipòsit de vessant caracteritzat per la combinació d'un transport de forma laminar i petits *debris-flows*.

Discussió

Els resultats de l'anàlisi sedimentològica dels dipòsits els situa en el rang de les arenes mitjanes-gruixades ben classificades que indica una granoselecció coincident amb la produïda a ambients eòlics (Livingstone i Warren, 1996; Andreucci et al, 2009; Fornós et al., 2009; Tsoar i Pye, 2009). A més a més, la composició del sediment majoritàriament bioclàstica (Fig. 12A) així com un elevat contingut en calcita, pot indicar la procedència marina del sediment (Jaume i Fornós, 1992; Fornós i Ahr, 1997; Fornós et al., 2002; Fornós et al., 2009). Per altra banda, els resultats de l'anàlisi de les estructures sedimentàries posen de manifest una deposició caracteritzada majoritàriament per processos al·luvials i col·luvials (Fig. 12B).

Aquesta naturalesa es posa en evidència amb la presència d'abundants estructures sedimentàries com estratificacions horitzontals, encreuades de baix angle, encreuades en forma de canal, capes en forma de llentia i paleocanals. També és molt habitual observar contactes entre els distints nivells en forma de superfícies erosives ondulades o en forma de canal encaixat. Nombrosos nivells de bretxes o conglomerats es disposen en forma de capes massives o reomplint estructures en forma de canal. A més a més, s'han diferenciat dos grans grups d'afloraments; els situats al peu d'un front muntanyós o penya-segat generant formes semblants a rampes arenoses (*sand ramps*), o bé aquells que apareixen com a part dels ventalls al·luvials costaners, o com a dipòsits de vessant als flancs de turons o rebliments de vall. Les característiques sedimentàries així com també el context fisiogràfic de cada dipòsit estudiat, indiquen la interacció de diferents processos a les costes de les illes Balears. La successió de canvis en els sediments suggereix canvis en les condicions ambientals i, per tant en els processos geomorfològics que es produïen durant el Pleistocè (Thomas, 2013).

A partir de les dades que proporcionen diversos treballs que relacionen el registre sedimentari, l'evolució paleoclimàtica i la corba eustàtica de Mallorca durant el Pleistocè superior (Hearty et al., 1986; Hearty, 1987; Hillaire-Marcel et al, 1996; Vesica et al., 2000; Zazo et al., 2003; Nielsen et al., 2004; Tuccimei et al., 2006; Dorale et al., 2010; Fornós et al., 2012; Onac et al., 2012; Polyak et al., 2014) i de les datacions de nivells eòlics aportades a distints treballs de sedimentologia de dipòsits pleistocens (Fornós et al., 2009; Fornós et al., 2012; Pomar et al., 2013; Pomar, 2016), és possible establir la).

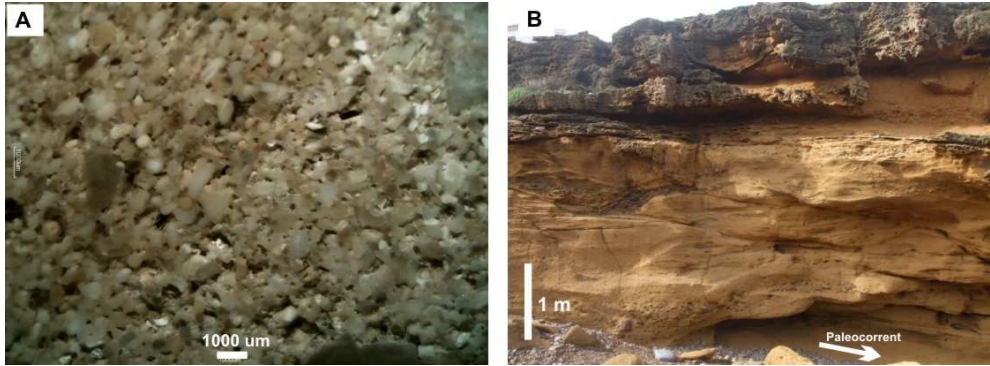


Fig. 12. Imatges en detall del sediment que constitueix els dipòsits d'interferència eòlic-al·luvial. **A:** Imatge en detall de lupa binocular d'una cara tallada i polida d'una mostra de sediment. S'observen majoritàriament grans bioclàstics de mida mitjana a grollera ben classificats. **B:** Vista en detall dels dipòsits exposats dins la desembocadura encaixada d'un torrent de la zona de Tirant-Fornells. Són abundants les estructures sedimentàries típicament al·luvials com l'estratificació encreuada de baix angle, l'estratificació encreuada en forma de canal, capes en forma de llentia, superfícies erosives ondulades i en forma de canal.

Fig. 12. Detailed images of eolian-alluvial interference sediments. **A:** Detailed image from binocular microscope of a cut and polished surface of a sample. Bioclastic medium to coarse well-sorted grains prevail. **B:** Detailed view of an exposed cliff within an incised ravine at Tirant-Fornells. Typical alluvial structures such as low angle cross stratification, trough cross stratification, lens-shaped layers, wavy and channel-shaped erosive surfaces are predominant.

cronologia climàtica i l'evolució ambiental de les àrees litorals de illes Balears durant el Pleistocè superior (Fig. 13).

Segons Pomar (2016), s'observen sis períodes d'activitat eòlica des de finals del MIS 6 al voltant de 136 ka i fins a la transició MIS 3/2 al voltant de 25 ka. Són períodes que es caracteritzen per unes condicions ambientals fredes i importants moments de regressió marina. Així per tant, els períodes de deposició eòlica semblen estar vinculats a períodes de nivell marí baix (Andreucci *et al.*, 2010; Fornós *et al.*, 2009; Pavelic *et al.*, 2011; Fornós *et al.*, 2012; Andreucci *et al.*, 2014; Pascucci *et al.*, 2014; Del Valle *et al.*, 2016). Durant aquests períodes grans extensions de bancs d'arena haurien quedat exposats a l'acció del vent sobre la zona costanera de la plataforma continental que envolta les illes. Durant intervals climàtics freds, la

cobertura per vegetació hauria estat escassa cosa que hauria afavorit l'erosió per aigües d'escorrentia (Rose *et al.*, 1999); els vents probablement eren més forts i les dunes costaneres haurien pogut desplaçar-se terra endins avançant sobre els relleus de la zona o sobre la zona distal de ventalls al·luvials. Actualment el transport eòlic d'arena marina té lloc principalment durant l'hivern, moment en què la circulació general de l'oest és més intensa forçant el predomini de vents de component nord-oest amb velocitats mitjanes superiors a 8 m/s que es produeixen més d'un 10% de les vegades que es registren episodis ventosos (Servera, 1997; Puertos del Estado). Per tant, és possible entendre que unes condicions meteorològiques semblants foren les responsables del transport d'arena eòlica cap a terra durant els períodes freds del Pleistocè superior però amb algunes

particularitats que intensificarien els processos.

En general es considera que les èpoques fredes han estat períodes amb un ambient sec i dominat per processos eòlics (Livingstone i Warren, 1996; Bender, 2013). Segons les edats dels dipòsits eòlics recopilats als antecedents d'aquest treball, el transport d'arena eòlica va ser especialment important durant el MIS 5c/b, 4 i 3/2 (Fig. 13), provocant que extensos camps dunars cobrissin grans àrees costaneres al llarg del litoral de les illes Balears. Altres treballs de la zona del Mediterrani occidental indiquen que durant el darrer període glacial les costes estaven cobertes per camps dunars (Pascucci *et al.*, 2008; Andreucci *et al.*, 2010; Pavelic *et al.*, 2011; Andreucci *et al.*, 2014). D'aquesta manera, aquests resultats suggereixen un reforçament dels processos eòlics en grans zones del Mediterrani occidental durant els períodes freds. Les simulacions climàtiques apunten cap una disminució de la influència de la circulació de l'oest durant períodes càlids com el MIS 5e, al contrari dels períodes de canvi cap un moment relativament fred que fa que la circulació de l'oest torni a reactivar-se al Mediterrani occidental (Moreno *et al.*, 2002; Kaspar *et al.*, 2007; Bardají *et al.*, 2009). A més a més, la intensificació de l'entrada de vents del nord-oest dins la Mediterrània occidental durant el canvi d'estadi càlid a estadi fred afavoreix la formació de tempestes que produeixen precipitacions intenses degut a les temperatures superficials de la mar relativament altes (Moreno *et al.*, 2002; Bardají *et al.*, 2009). Aquest escenari climàtic juntament amb la reducció de la cobertura vegetal associada a períodes freds i relativament àrids a la zona de la Mediterrània (Bout-Roumazeilles *et al.*, 2007) hauria afavorit d'una banda el transport eòlic i per l'altra el transport

al·luvial de sediments produït per les intenses precipitacions.

L'evolució ambiental pleistocena de les àrees litorals de les illes Balears es pot seguir segons el registre sedimentari des del darrer període interglacial (MIS 5, ± 130 ka), ja que s'han observat a algunes localitats estudiades diversos dipòsits de platja a la base de les seqüències per sobre del nivell marí actual atribuïbles a aquest període. Durant el MIS 5 hi hagué a les illes Balears dos períodes amb el nivell de la mar per damunt de l'actual; entre 2 i 3 m snm al MIS 5e i entre 1 i 1,5 m snm al MIS 5a (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996; Tuccimei *et al.*, 2006; Dorale *et al.*, 2010; Polyak *et al.*, 2014). A partir d'aquí, la successió de diferents dipòsits al·luvials, col·luvials i eòlics es situen en gran part dins el darrer període glacial (MIS 4 i 3, 72-24 ka). Tot i ser un moment considerat en general fred, existeix una extensa bibliografia que parla de l'alternança de fluctuacions relativament càlides i fredes d'uns pocs milers d'anys (Bond *et al.*, 1999; Weaver, 1999; Schultz, 2002; Genty *et al.*, 2003; Rahmstorf, 2003; Hemming, 2004; Martrat *et al.*, 2004; Braun *et al.*, 2005; Sprovieri *et al.*, 2012; Incarbona *et al.*, 2013; Long i Stoy, 2013; Rabasa i Ponce, 2013). Fins a quatre períodes de caiguda sobtada de les temperatures anomenats *Heinrich events* (HE) es varen desenvolupar durant els MIS 4 i 3. Per altra banda, diverses fluctuacions d'uns 1.500 anys de durada d'escalfament i refredament abruptes anomenats *Dansgaard-Oeschger events* (DO) apareixen entre els *Heinrich events*. Tenint en compte el marc cronològic al qual s'insereixen aquest dipòsits, sembla que els períodes de deposició eòlica i de formació de dunes estaven relacionats amb els HE (Fig. 13). Els períodes de deposició al·luvial semblen relacionar-se amb les oscil·lacions *DO events* relativament més

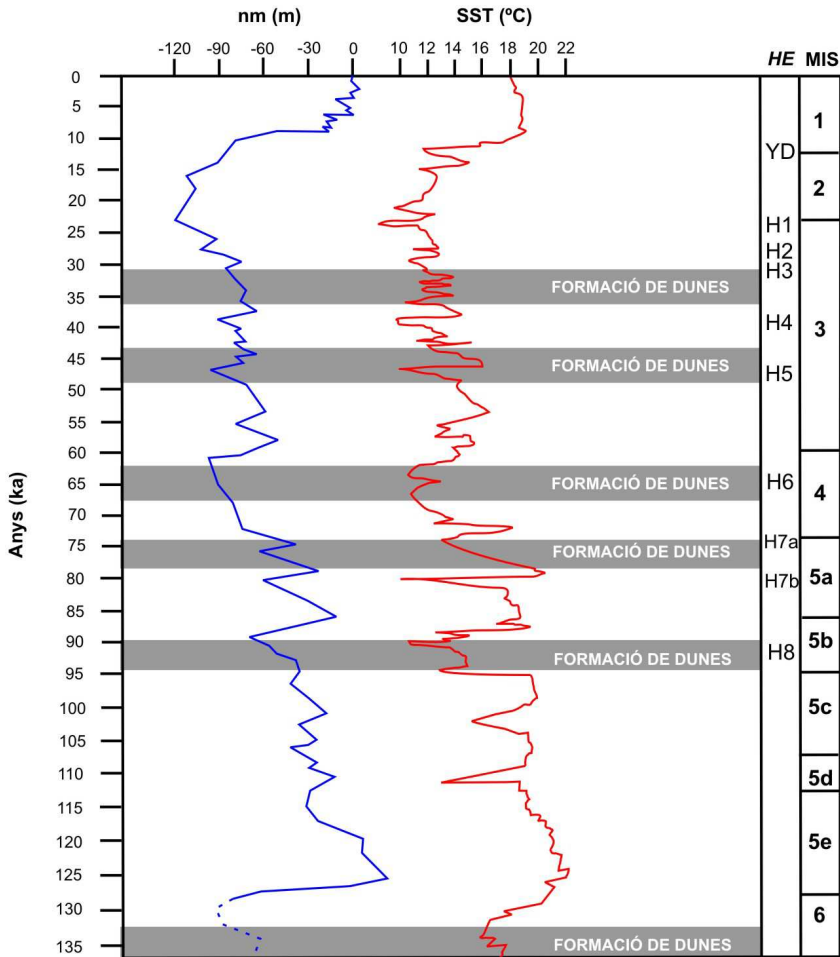


Fig. 13. Períodes de deposició eòlica (franges grises) a les àrees litorals de les illes Balears des de finals del MIS 6 (140 ka) segons Pomar (2016). SST=Temperatura mitjana de la superfície de la mar (Martrat *et al.*, 2004), nm=Nivell marí (Siddall *et al.*, 2003), HE=Heinrich events, YD=Younger Dryas i la seva cronologia es basa en Seierstad *et al.* (2014).

Fig. 13. Periods of aeolian deposition (grey stripes) in coastal zones of the Balearic Islands since the end of MIS 6 (140 ka) based on Pomar (2016). SST=Sea Surface Temperature (Martrat *et al.*, 2004), nm=sea level (Siddall *et al.*, 2003), HE=Heinrich events, YD=Younger Dryas and their chronology is based on Seierstad *et al.* (2014).

càlides. Aquesta interpretació és consistent amb les simulacions climàtiques que apunten cap a una component estacional de fluctuacions a les temperatures provocant augment de les tempestes en els moments

de canvi d'estadi càlid a fred (Moreno *et al.*, 2002; Bardají *et al.*, 2009). A més a més, a altres zones de la Mediterrània occidental hi ha evidències d'alternança en els processos geomorfològics que actuaven

a les costes com a resposta a les fluctuacions DO *events* i HE (Pascucci *et al.*, 2014). En aquest sentit, durant els períodes freds els camps dunars avançaven terra endins arribant a cobrir totalment les zones litorals més deprimides. Posteriorment, els processos eòlics disminueixen d'intensitat i es produeix un relatiu augment de les temperatures però amb un nivell marí encara baix. Aquest escenari genera períodes més humits caracteritzats per tempestes amb precipitacions intenses que generaren sobtades revingudes (*flashfloods*) capaces de desmantellar els camps dunars i incorporar el sediment eòlic als processos de sedimentació al·luvial. L'escassa vegetació afavoreix els processos d'erosió. Els resultats de l'anàlisi de fàcies suggereix que els processos al·luvials, col·luvials i eòlics s'anaven alternant condicionats per les fluctuacions climàtiques DO *events* i HE del Pleistocè superior. Finalment, al MIS 2/1 l'escalfament del clima i l'ascens de la mar fins al nivell actual produí una interrupció en els processos de sedimentació eòlica així com també la sedimentació al·luvial.

Conclusions

Les illes Balears són un territori ric en dipòsits costaners que registren els canvis ambientals soferts durant el Pleistocè superior. Les localitats estudiades en aquest treball representen d'una banda en alguns casos la revisió d'algunes zones estudiades des de fa dècades, i per l'altra noves zones fins ara desconegudes. La bona exposició en penya-segats verticals amb diverses orientacions dels dipòsits estudiats ha afavorit una anàlisi de fàcies sedimentàries acurat que ha permès identificar diversos processos geomorfològics tals com: dipòsits

de sedimentació costanera com les platges representats per conglomerats i gresos; dipòsits de sedimentació col·luvial representats per bretxes i gresos; dipòsits de sedimentació al·luvial representats per conglomerats, bretxes i gresos i dipòsits de sedimentació eòlica representats per gresos. A més a més, l'anàlisi de composició que assenyalava uns dipòsits constituïts majoritàriament per arenas bioclàstiques, i l'anàlisi mineralògica una presència majoritària de calcita, indica la procedència marina de les arenas que constitueixen aquests dipòsits. Les estructures sedimentàries predominants a totes les localitats són les capes massives, l'estratificació horitzontal, l'estratificació encreuada de baix angle, l'estratificació encreuada en forma de canal i els contactes erosius en forma de canal, indicant processos de deposició típicament al·luvials.

L'evolució paleoambiental de les zones estudiades es situa cronològicament dins el Pleistocè superior. La presència de dipòsits de platja a la base d'algunes seqüències com ses Olles-Cap Enderrocat, Algaiarens o Tirant-Fornells a una alçada aproximada de 1,5 a 2 m snm situa l'inici de les seqüències sedimentàries al darrer període interglacial (MIS 5e). L'alternança de diferents processos sedimentaris identificats a través de l'anàlisi de fàcies i les edats de diversos nivells eòlics han mostrat com existeix una relació entre les fluctuacions climàtiques ocorregudes durant el Pleistocè superior i el paper jugat pel nivell marí. Durant períodes càlids amb un nivell marí alt han predominat els processos de sedimentació costanera, per altra banda, durant períodes freds amb un nivell marí baix els processos eòlics i la formació de dunes han estat l'ambient característic. Malgrat això, durant el darrer període glacial es succeeixen els cicles DO *events* i

HE (alternança de cicles de curta durada d'escalfament i refredament) que generaren períodes d'uns pocs milers d'anys amb temperatures relativament més càlides i temperatures més fredes. Durant els HE es produïa un reforçament dels processos eòlics; el nivell marí baix deixava exposat sobre la plataforma grans extensions d'arena marina que era transportada terra endins en forma de dunes. Aquest procés es veuria afavorit per una vegetació dispersa. Durant els DO *events* els processos al·luvials i col·luvials es reforçaven ja que un ambient relativament més càlid afavoria la formació de precipitacions intenses que generaven fortes revingudes. Aquestes aigües d'escorrentia eren capaces de desmantellar i retreballar el sediment eòlic de les dunes i incorporar-lo als processos de sedimentació al·luvial. Tot això era possible gràcies a que el nivell de la mar es mantenia baix durant el darrer període glacial. Per a finalitzar aquest treball cal fer una reflexió sobre la controvèrsia que pot generar classificar com eolianites qualsevol tipus de gres bioclàstic que trobam a les costes de les illes Balears ja que molts de dipòsits presenten unes estructures sedimentàries i una arquitectura que corresponen a acumulacions de tipus al·luvial-col·luvial.

Agraïments

Aquest estudi ha estat realitzat gràcies al finançament del programa FPI-MICINN i forma part del projecte finançat pel MINECO CGL2010-18616 i CGL 2013-48441-P.

Bibliografia

- Andreucci, S., Clemmensen, L.B., Murray, A.S. i Pascucci, V. 2010. Middle to late Pleistocene coastal deposits of Alghero, northwest Sardinia (Italy): Chronology and evolution. *Quaternary International*, 222: 3-16.
- Andreucci, S., Panzeri, L., Martini, P., Maspero, F., Martini, M. and Pascucci, V. 2014. Evolution i architecture of a West Mediterranean Upper Pleistocene to Holocene coastal apron-fan system. *Sedimentology*, 61: 333-361.
- Bardají, T., Goy, J.L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, C., Dabrio, C.J., Cabero, A., Ghaleb, B., Silva, P.G. i Lario, J. 2009. Sea level and climate changes during OIS 5e in the Western Mediterranean. *Geomorphology*, 104: 22-37.
- Bateman, M.D., Bryant, R.G., Foster, I.D.L., Livignstone, I. i Parsons, A.J. 2012. On the formation of sand ramps: A case study from Mojave Desert. *Geomorphology*, 161-162: 93-109.
- Bender, M.L. 2013. *Paleoclimate*. Princeton University Press. 320 pp.
- Blikra, L.H. i Nemeç, W. 1998 Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies, and paleoclimatic record. *Sedimentology*, 45: 909-959.
- Bond, G.C., Showers, W., Elliott, M., Evans, M., Lotti R., Hajdas, I., Bonani, G. i Johnson, S. 1999. The North Atlantic's 1-2 kyr Climate Rhythm: Relation to Heinrich Events, Dansgaard-Oeschger Cycles and the Little Ice Age. In: Clark, P.U., Webb, R.S. i Keigwin, L.D. (Eds.). *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales*. American Geophysical Union, Geophysical Monograph, 112: 35-58.
- Bourrouilh, R. 1983. *Estratigrafia, sedimentologia y tectónica de la isla de Menorca y del nordeste de Mallorca (Balears). La terminación nororiental de las cordilleras béticas en el Mediterráneo occidental*. IGME. Madrid. Colección memorias, 99. 672 pp.
- Bout-Roumazeilles, V., Combourieu, N., Peyron, O., Cortijo, E., Landais, A., i Masson-Delmotte, V. 2007. Connection between South Mediterranean climate and North African atmospheric circulation during the last 50,000 years BP North

- Atlantic cold events. *Quaternary Science Reviews*, 26: 3197-3215
- Braun, H., Christl, M., Rahmstorf, S., Ganopolski, A., Mangini, A., Kubatzki, C., Roth, K. i Kromer, B. 2005. Possible solar origin of the 1,470-year glacial climate demonstrated in a coupled model. *Nature*, 438: 208-211.
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Dir. Gral. Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear. 310 pp.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". Palma. 420 pp.
- Cuerda, J. 1989. *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. 2na edició. Dir. Gral. Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear. 310 pp.
- Cuerda, J. i Sacarès, J. 1992. *El Quaternari al Migjorn de Mallorca*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Dir. Gral. de Cultura. 130 pp.
- Cuerda, J. i Sacarès, J. 1962. Nuevos yacimientos cuaternarios marinos en el Levante de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 8: 77-80.
- Cuerda, J. i Sacarès, J. 1964. Nuevos yacimientos cuaternarios en la costa de Lluchmayor (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 10: 89-132.
- Del Valle, L., Gómez-Pujol, L.; Fornós, J.J.; Timar-Gabor, A., Anechitei-Deacu, V. i Pomar, F. 2016. Middle to Late Pleistocene dunefields in rocky coast settings at Cala Xuclar (Eivissa, Western Mediterranean): Recognition, architecture and luminescence chronology. *Quaternary International*, 407: 4-13.
- Dorale, J.A., Onac, P.B., Fornós, J.J., Ginés, J., Ginés, A., Tuccimei, P. i Peate, D.W. 2010. Sea-level Highstand 81,000 Years Ago in Mallorca. *Science*, 327: 860-863.
- Fornós, J.J., Bromley, R.G., Clemmensen, L.B. i Rodríguez-Perea, A. 2002. Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (*Artiodactyla*, *Caprinae*) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180: 277-313.
- Fornós, J.J., Clemmensen, L.B., Gómez-Pujol, L. i Murray, A. 2009. Late Pleistocene carbonate aeolianites on Mallorca, Western Mediterranean: a luminescence chronology. *Quaternary Science Reviews*, 28: 2697-2709.
- Fornós, J.J., Clemmensen, L.B., Gómez-Pujol, L., Ginés, A. i Ginés, J. 2012. Pleistocene eolianites and low sea levels. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. i Fornós, J.J. (Eds.). *Mallorca: A Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 85-110.
- Fornós, J.J. i Ahr, W.M. 1997. Temperate carbonates on a modern, low-energy, isolated ramp: The Balearic platform, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67: 364-373.
- Genty, D., Blamart, D., Ouahdi, R., Gilmour, M., Baker, A., Jouzel, J. i Van-Exter, S. 2003. Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data. *Nature*, 421: 833-837.
- Gómez-Pujol, L. 1999. Sedimentologia i evolució geomorfològica quaternària del ventall al·luvial des Caló (Betlem, Artà, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 107-124.
- Gómez-Pujol, L., Fornós, J.J., Pope, R.J. i Clemmensen, L.B. 2008. Los abanicos aluviales litorales del NE de Mallorca: morfometría y arquitectura de facies. In: Benavente, J. i Gracia, F.J. (Eds.). *Trabajos de Geomorfología en España, 2006-2008*. SEG, Cádiz: 343-436.
- Harvey, A.M. 1987. Dissected alluvial fans in southeast Spain. *Catena*, 5: 177-211.
- Harvey, A.M. 2002. The role of base-level change in the dissection of alluvial fans: case studies from southeast Spain and Nevada. *Geomorphology*, 45: 67-87.
- Harvey, A.M. 2011. Dryland alluvial fans. In: Thomas, D.S.G. (Ed.). *Arid zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands*. John Wiley and Sons. 3a edició: 333-371.

- Harvey, A.M., Silva, P.G., Mather, A.E., Goy, J.L., Stokes, M. i Zazo, C. 1999. The impact of Quaternary sea-level and climatic change on coastal alluvial fans in the Cabo de Gata ranges, southeast Spain. *Geomorphology*, 28: 1-22.
- Hearty, P.J. 1987. New data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Science Reviews*, 6: 245-257.
- Hearty, P.J.; Miller, G.H.; Stearns, C.E. i Szabo, B.J. 1986. Aminostratigraphy of Quaternary shorelines in the Mediterranean basin. *Geological Society of America Bulletin*, 97: 850-858.
- Hemming, S.R. 2004. Heinrich Events: Massive Late Pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Review of Geophysics*, 42. RG1005, doi:10.1029/2003RG000128
- Henningsen, D. 1990. Quärtäre kalkige Äolianite von N-Menorca (Balearen, westliches Mittelmeer). *Eiszeitalter und Gegenwart*, 40: 120-125.
- Hillaire-Marcel, C.; Gariépy, C.; Ghaleb, B.; Goy, J.L.; Zazo, C. i Cuerda, J. 1996. U-series measurements in thyrranian deposits from Mallorca-Further evidence for two last-interglacial high sea level in the Balearic Islands. *Quaternary Science Reviews*, 15: 53-62.
- IGME. 1991a. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 672. Artà.
- IGME. 1991b. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 724. Lluçmajor.
- Incarbona, A., Sprovieri, M., Di Stefano, A., Di Stefano, E., Savagio Manta, D., Pelosi, N., Ribera d'Alcalà, M., Sprovieri, R. i Ziveri, P. 2013. Productivity modes in the Mediterranean Sea during Dansgaard-Oeschger (20,000-70,000yr ago) oscillations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392: 128-137.
- Jaume, C. i Fornós, J.J. 1992. Composició i textura dels sediments de paltja del litoral mallorquí. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 35: 93-110.
- Kaspar, F., Spanghehl, T. i Cubasch, U. 2007. Northern Hemisphere winter storm tracks of the Eemian interglacial and the last glacial inception. *Climate of the past*, 3: 181-192.
- Lancaster, N. i Tchackerian, V.P. 1996. Geomorphology and sediments of sand ramps in the Mojave Desert. *Geomorphology*, 17: 151-165.
- Livingstone, I. i Warren, A. 1996. *Aeolian geomorphology: an introduction*. Addison-Wesley Longman, Harlow. 211 pp.
- Long, J.A. i Stoy, P.C. 2013. Quantifying the periodicity of Heinrich and Dansgaard-Oeschger events during Marine Oxygen Isotope Stage 3. *Quaternary Research*, 79: 413-423.
- Macklin, M.G., Fuller, I.C., Lewin, J., Maas, G.S., Passmore, D.G., Rose, J., Woodward, J.C., Black, S., Hamlin, R.H.B. i Rowan, J.S. 2002. Correlation of fluvial sequences in the Mediterranean basin over the last 200 ka and their relationship to climate change. *Quaternary Science Reviews*, 21: 1633-1641.
- Martrat, B., Grimalt, J.O., López-Martínez, C., Cacho, I., Sierro, F.J., Flores, J.A., Zahn, R., Canals, M., Curtis, J.H. i Modell, D.A. 2004. Abrupt temperature changes in the Western Mediterranean over the past 250,000 years. *Science*, 306: 1762-1765.
- Massari, F. i Parea, G.C. 1988. Progradational gravel beach sequences in a moderate-to-high-energy, microtidal marine environment. *Sedimentology*, 35: 881-913.
- Mercadal, B. 1960. El Tirreniense en la costa Norte de Menorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 6: 73-74.
- Mercadal, B.; Villalta, J.F.; Obrador, A. i Rosell, J. 1970. Nueva aportación al conocimiento del Cuaternario menorquín. *Acta Geológica Hispánica*, 5 (4): 89-93.
- Miall, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer. 582 pp.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M.A., Sanchez-Goñi, M.F., Grimalt, J.O. i Weltje, G.L. 2002. Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quaternary Research*, 58: 318-328.
- Nemec, W. i Kazanci, N. 1999. Quaternary colluvium in west-central Anatolia:

- sedimentary facies and paleoclimatic significance. *Sedimentology*, 46: 139-170.
- Nielsen, K.A., Clemmensen, L.B. i Fornós, J.J. 2004. Middle Pleistocene magnetostratigraphy and susceptibility stratigraphy: data from a carbonate aeolian system, Mallorca, Western Mediterranean. *Quaternary Science Reviews*, 23: 1733-1756.
- Onac, B.P., Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J.J. i Dorale, J.A. 2012. Late Quaternary sea level history: a speothem perspective. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P., Fornós, J.J. (Eds.). *Mallorca: A Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 147-162.
- Pascucci, V., Andreucci, S., Clemmensen, L., Fanelli, F., Ibba, A., Zucca, C. i Madrau, S. 2008. La successione tardo quaternario della Sardegna Settentrionale: implicazioni paleogeografiche e paleoclimatiche. *84 Congresso Nazionale*. Società Geologica Italiana. Sassari 15-17 Settembre 2008. Escursione E04.
- Pascucci, V., Sechi, D. i Andreucci, S. 2014. Middle Pleistocene to Holocene coastal evolution of NW Sardinia (Mediterranean sea, Italy). *Quaternary International*, 328-329: 3-20.
- Pavelic, D., Kovacic, M., Vlahovic, I. i Wacha, L. 2011. Pleistocene calcareous aeolian-alluvial deposition in a steep relief karstic coastal belt (island of Hvar, eastern Adriatic, Croatia). *Sedimentary Geology*, 239: 64-79.
- Picard, M.D. i High, L.R. 1973. *Sedimentary structures of ephemeral streams*. Developments in Sedimentology, 17. Elsevier. Amsterdam. 223 pp.
- Polyak, V.J.; Onac, B.P.; Fornós, J.J.; Dorale, J.A. i Tuccimei, P. 2014. Evidence for stable sea-level during Marine Isotope Stage 5e of the Last Interglacial from the Western Mediterranean. AGU meeting, San Francisco 14-15 desembre.
- Pomar, F. 2016. *Arquitectura i fàcies deposicionals de la interferència entre sedimentació al·luvial, col·luvial i eòlica a les Illes Balears durant el Pleistocè superior: implicacions paleoclimàtiques*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 377 pp.
- Pomar, L. i Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Soler i Sarabaris*, 14: 505-513.
- Pomar, L., Esteban, M., Calvet, F. i Barón, A. 1983. La unidad arrecifal del Mioceno superior de Mallorca. In: Pomar, L.; Obrador, A.; Fornós, J.J.; Rodríguez-Perea, A. (Eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*. Guía de las excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología: 139-175.
- Pomar, F., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. i Del Valle, L. 2013. El Pleistoceno superior de la zona de Tirant-Fornells (Norte de Menorca, Illes Balears): un modelo de interacció eòlica y al·luvial. In: Flor, G.; Flor-Blanco, G.; Pando González, L.A. (Eds.). VII Jornadas de Geomorfología Litoral, Oviedo. *Geo-Temas*, vol. 14: 123-126.
- Pomar, F., Del Valle, L., Fornós, J.J. i Gómez-Pujol, L. 2015a. Registro sedimentario litoral del Pleistoceno en las Islas Baleares (Mediterráneo occidental): implicaciones paleoclimáticas. VIII Jornadas de Geomorfología Litoral *GeoTemas* Vol. 15: 65-68.
- Pomar, F., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. i Del Valle, L. 2015b. Interferència entre sedimentació eòlica i al·luvial. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 58: 127-157.
- Pope, R. J.J. i Wilkinson, K.N. 2005. Reconciling the roles of climate and tectonics in Late Quaternary fan development on the Spartan piedmont, Greece. In: Harvey, A.M., Mather, A.E. i Stokes, M. (Eds.). *Alluvial fans. Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. Geological Society, London, Special Publications, 251: 133-152.
- Puertos del Estado. 2016. <http://www.puertos.es/ca-es/oceanografia/Pagines/portus.aspx>
- Rabasa, J. i Ponce, J.F. 2013. The Heinrich and Dansgaard-Oeschger climatic events during Marine Isotopic Stage 3: Searching for appropriate times for human colonization of

- the Americas. *Quaternary International*, 299: 94-105.
- Rahmstorf, S. 2003. Timing of abrupt climatic change: A precise clock. *Geophysical Research Letters*, 30: 1-4.
- Rodríguez-Perea, A. 1998. Ventalls al·luvials i sistemes dunars a Betlem (Artà, Mallorca). In: Fornós, J.J. (Ed.): *Aspectes Geològics de les Balears (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. UIB: 169-189.
- Rose, J. i Meng, X. 1999. River Activity in Small Catchments over the Last 140 ka, North-east Mallorca, Spain. In: Brown, A.G. i Quine, T.A. (Eds.). *Fluvial Processes and Environmental Change*. John Wiley & Sons Ltd: 91-102.
- Rose, J., Meng, X. i Watson, C. 1999. Palaeoclimate and palaeoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain. *Journal of the Geological Society*, London., 156: 435-448.
- Schultz, M. 2002. On the 1470-year pacing of Dansgaard-Oeschger warm events. *Paleoceanography*, 17: 1-9.
- Seierstad, I.K., Abbott, P.M., Bigler, M., Blunier, T., Bourne, A.J., Brook, E., Buchardt, S., Buizert, C., Clausen, H.B., Cook, E., Dahl-Jensen, D., Davies, S.M., Guillevic, M., Johnsen, S.J., Pedersen, D.S., Popp, T.J., Rasmussen, S.O., Severinghaus, J.P., Svensson, A. i Vinther, B.M. 2014. Consistently dated records from the Greenland GRIP, GISP2 and NGRIP ice cores for the past 104 ka reveal regional millennial-scale $\delta^{18}O$ gradients with possible Heinrich event imprint. *Quaternary Science Reviews*, 106: 29-46.
- Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les illes Balears*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 904 pp.
- Siddall, M., Rohling, E.J., Almogi-labin, A., Hemleben, CH., Melschner, D., Schmelzer, I. i Smeed, D.A. 2003. Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature*, 423: 853-858.
- Sprovieri, M., Di Stefano, E., Incarbona, A., Savagio Manta, D., Pelosi, N., Ribera d'Alcalà, M. i Sprovieri, R. 2012. Centennial-to millennial-scale climate oscillations in the Central-Eastern Mediterranean Sea between 20,000 and 70,000 years ago: evidence from high-resolution geochemical and micropaleontological record. *Quaternary Science Reviews*, 46: 126-135.
- Stow, D.A.V. 2006. *Sedimentary Rocks in the Field. A Color Guide*. Academic Press. London. 320 pp.
- Thomas, D.S.G. 2013. Reconstructing paleoenvironments and paleoclimates in drylands: what can landform analysis contribute? *Earth Surface Processes and Landforms*, 38: 3-16.
- Tsoar, H. i Pye, K. 2009. *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 458 pp.
- 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): 1-21 NF.
- Vesica, P.L., Tuccimei, P., Turi, B., Fornós, J.J., Ginés, A. i Ginés, J. 2000. Late Pleistocene paleoclimates and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleothems, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.
- 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. 2012. Els jaciments de platja pleistocens entre el cap Ferrutz i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 163-173.
- Vicens, D. 2015. *EL registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 1011 pp.
- 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 (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. UIB: 192-220.

- Vicens, D. i Gràcia, F. 1988. Nuevo yacimiento del Pleistoceno superior en la playa de sa Font Salada (Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32: 33-46.
- Weaver, A.J. 1999. Millennial Timescale Variability in Ocean/Climate Models. In: Clark, P.U., Webb, R.S. i Keigwin, L.D. (Eds.). *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales*. American Geophysical Union. Geophysical Monograph, 112: 285-300.
- White, K., Drake, N., Millington, A. i Stokes, S. 1996. Constraining the timing of alluvial fan response to Late Quaternary climatic changes, southern Tunisia. *Geomorphology*, 17: 295-304.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., González-delgado, J.A. i Soler, V. 2003. Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. *Marine Geology*, 194: 103-133.

Provenance study of the limestone used in the cremation rite: the case of Cova de sa Prior (Binigaus, Menorca)

Laurent FONTAINE, Roald HAYEN, Mark VAN STRYDONCK, Guy DE MULDER and Montserrat ANGLADA FONTESTAD

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Fontaine, L., Hayen, R., Van Strydonck, M., De Mulder, G. and Anglada Fontestad, M. 2016. Provenance study of the limestone used in the cremation rite: the case of Cova de sa Prior (Binigaus, Menorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 187-201. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Because hardly any charcoal is found in the lime burial of Cova de sa Prior as well as in many other lime burials on the Balearic islands, the question was raised if the cremation ritual was performed on site or not. Samples of the lime conglomerate and lime lumps were compared with limestone from the cave itself as well as from the area around the cave. Thin-section petrography of the lime conglomerate and lumps gave no relevant information about the provenance of the limestone used for the cremation rite, but preserved structures of the source rock found in an incompletely burned limestone fragment showed that most probably the limestone comes from the direct vicinity of the cave or even from within the cave itself.

Key words: limestone, lime burials, cremation ritual, Cova de sa Prior, Binigaus, Menorca.

PROCEDÈNCIA DE LA CALCÀRIA UTILITZADA EN EL RITUAL DE CREMACIÓ: EL CAS DE COVA DE SA PRIOR (BINIGAUS, MENORCA). L'absència gairebé absoluta de carbons a l'enterrament en calç de la cova de sa Prior, així com a molts altres enterraments d'aquest tipus a les illes Balears, va fer plantejar si el ritual de cremació hauria tingut lloc a l'interior de la cova o no. Es varen comparar mostres del conglomerat i dels pilots de calç amb la roca calcària de la mateixa cova i dels seus voltants. La petrografia de la làmina prima del conglomerat i els pilots de calç no va proporcionar informació rellevant sobre la procedència de la calcària utilitzada al ritual de cremació, però les restes inalterades conservades a un fragment de roca calcària cremat de manera incompleta evidenciaren que, molt probablement, la matèria primera prové de l'entorn directe de la cova o, fins i tot, del seu interior.

Paraules clau: pedra calcària, enterraments de calç, ritual crematori, Cova de sa Prior, Binigaus, Menorca.

Laurent FONTAINE, Roald HAYEN and Mark VAN STRYDONCK, Royal Institute for Cultural Heritage, Brussels, Belgium; Guy DE MULDER, University of Ghent, department of Archaeology, Ghent, Belgium; Montserrat ANGLADA FONTESTAD, Associació Arqueologia i Patrimoni, Maó, Menorca

Recepció del manuscrit: 21-nov-16; revisió acceptada: 30-des-16.

Introduction

Lime burials, relicts of a special kind of cremation rite, are one of the most

enigmatic features within the Balearic Protohistory (Vený 1977; Waldren 1982; Guerrero *et al.*, 2005). It is estimated that about a hundred of these deposits exist on

the islands of Mallorca and Menorca, although some are still not catalogued as archaeological sites given that they are often found in natural caves or rock shelters hidden from view. In contrast to their low visibility in the field, the material of the lime burial itself is often still pristine, bright white even after more than 2000 years of exposure. The apparent pristine state of the lime burial is in strong contrast with the grey-brownish colour of the surrounding cave walls (Fig. 1).

At first sight, the lime burials appear as a chaotic mixture of lime, bones and in some cases also (iron and bronze) artefacts. Before being incinerated on a pyre, the bodies were covered in a yet unidentified manner with very fine crushed limestone (Van Strydonck *et al.*, 2015a; 2015b). Due to the heat of the pyre, the limestone was then transformed in quicklime. Hence, the lime burial was originally an accumulation of bone fragments and quicklime deposits. Only afterwards, as the quicklime recarbonated, the ‘spongy’ block of calcium carbonate (calcite) and cremated bones, as we recognize it today, was formed.

Since the lime conglomerate contains only little amounts of charcoal, it is obvious that the lime and the bones were washed out of the remains of the pyre before being deposited in the caves or rock shelters. This raises the question whether or not the cremation ritual was executed on site or not. In this study the characteristics of the lime from the lime burial are compared to the characteristics of the limestone found within the cave and its immediate surroundings in order to designate the most probable origin of the limestone used in the ritual and to locate the place where the cremation took place.



Fig. 1. Piece of the lime burial from Cova de sa Prior with a cremated bone (top).

Fig. 1. Fragment de l'enterrament en calç de la Cova de sa Prior amb un os cremat (part superior).

Site description

The site of Cova de sa Prior is located in the barranc de Binigaus, municipality of Es Migjorn Gran (N39°56.023' E004°02.281) (Fig. 2, red dot). The entrance to the cave is located in the upper part of the cliff and is orientated to the East. The cave measures about 13m in length (Fig. 3), while its maximum height amounts to more than 7m. Visually two main limestone banks can be distinguished on the cave walls. The lower bank shows a high degree of granular disintegration, while the upper bank has a more compact structure. At the back of the cave an old collapse of stones closes off a deeper part of the cave.

From a geological point of view, the cave is located on the Migjorn block, where limestone is ubiquitous due to the development of a marine sedimentary basin during the Upper Miocene (Tortonian stage between 11 and 7 Ma). According to the detailed geological map of the area three carbonate facies basically outcrop in the surroundings of the cave, all of them deposited in the context of a carbonate platform with associated reef structure.

These carbonate facies can be thus considered as stratigraphic equivalents because they reflect the lateral environmental variation from the lagoon (back-reef facies) to the reef itself (front-reef facies) and the reef slope (fore-reef facies).

Sample selection

Two types of samples were taken from the lime burial of the Cova de sa Prior to study the provenance of the 'calcareous raw material' used for the cremation rite: (a) the

lime conglomerate from in between the bones in combination with well-individualized lime lumps, and (b) an incompletely burned lump (limestone fragment). The lime conglomerate and the well-individualized lime lumps (up to several tens of cm³) were mainly sampled in 2015, though one sample was included from the preliminary investigations performed in 2014. The incompletely burned limestone fragment was found in 2015 and has a rounded shape (max. diameter of 2.4 cm).

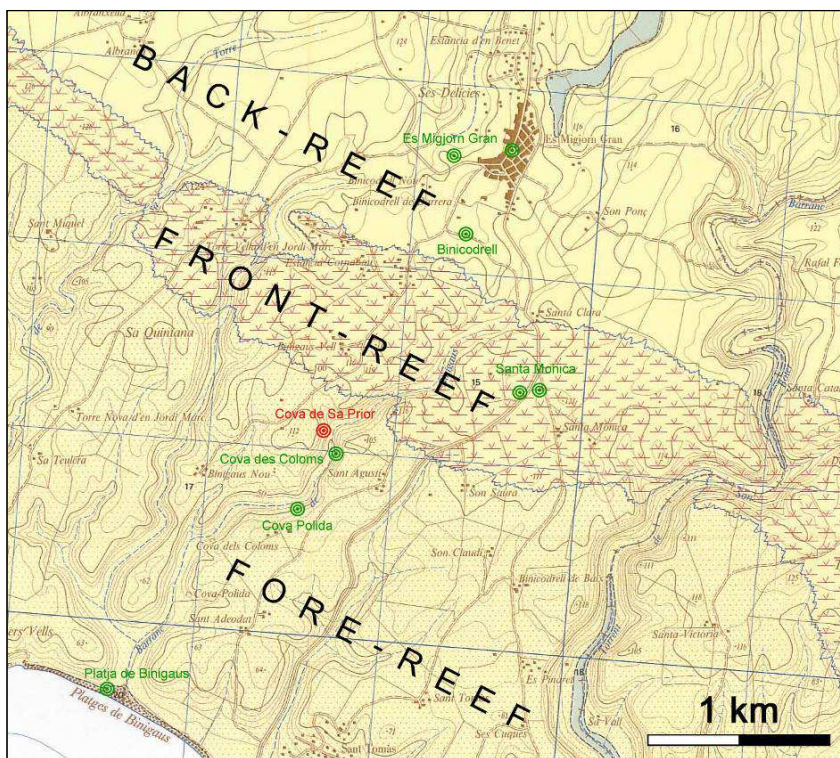


Fig. 2. The location of the cave (red) in the carbonate platform (fore-reef facies) and the sampling spots (green) of the surrounding limestone facies. Extract of the geological map of the area (IGME, 1989).

Fig. 2. Localització de la cova (en vermell) a la plataforma carbonatada (fàcies fore-reef) i punts de mostreig (en verd) de la fàcies calcària circumdant. Extracte del mapa geològic de l'àrea (IGME, 1989).



Fig. 3. The white grey colour marks the lime-burial (Photo M. Van Strydonck).

Fig. 3. *El color gris blanquinós indica l'enterrament en calç (Foto M. Van Strydonck).*

As mentioned already, rock samples were collected from the cave as well as from its surroundings. A first set of two rock samples were taken within the cave itself from both the lower and the upper limestone banks (see site description). Both of them are located in the fore-reef facies. Two other samples from the fore-reef facies were collected in the Cova des Coloms and the Cova Polida, respectively, further away from the site in the barranc de Binigaus. The back-reef facies was sampled on three

different locations: one at Binicodrell and the two others at the village of Es Migjorn Gran (in an abandoned quarry at the border of the village and in an underground shelter within the village centre). Concerning the front-reef, two samples were taken at Santa Monica on two different spots.

An overview of the collected samples is given in Table 1. The GPS coordinates (and altitude) were provided by a Garmin eTrex® 20x.

Table 1. Location and visual description of the samples.**Taula 1.** Localització i descripció visual de les mostres.

| Type | Code | Location | Description | |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| LIME CONGLOMERATE AND LUMPS | E3 | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | large lime lump (max. diameter = 2.4 cm), white, powdered | |
| | E6 | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | fragment affected by micro-karst formation, white | |
| | E14A | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | very large individualized lime lump (dimensions : 6.0 x 4.5 x 2.7 cm), white, heavily powdered | |
| | E14B | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | fragment affected by granular disintegration (mm-sized particles), weakly yellowish | |
| | E15A | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | lime-rich fragment, white | |
| | E15B | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | lime-rich fragment in contact with bone, white | |
| | S2 | Cova de sa Prior, lime burial (2014) | fragment affected by micro-karst formation, white | |
| INCOMPLETELY BURNED LUMP | E4 | Cova de sa Prior, lime burial (2015) | limestone fragment (max. diameter = 2.7 cm), white | |
| ROCK SAMPLES | BACK-REEF | E19 | Es Migjorn Gran, abandoned quarry N 39°56.788' E 004°02.766' (+97 m) | hard limestone |
| | | E21 | Binicodrell N 39°56.574' E 004°02.837' (+111 m) | hard limestone |
| | | E27 | Es Migjorn Gran, underground shelter | soft limestone |
| | FRONT-REEF | E22 | Santa Monica I N 39°56.077' E 004°02.998' (+106 m) | hard limestone |
| | | E23 | Santa Monica II N 39°56.079' E 004°03.114' (+111 m) | hard limestone |
| | FORE-REEF | E16 | Cova de sa Prior, wall of the cave (bottom) | hard limestone, weakly orange |
| | | E17 | Cova de sa Prior, wall of the cave (entrance) N 39°56.023' E 004°02.281' (+81 m) | soft limestone, weakly yellowish |
| | | E20 | Cova des Coloms N 39°55.963' E 004°02.314' (+64 m) | hard limestone |
| | | E26 | Cova Polida N 39°55.781' E 004°02.192' (+47 m) | hard limestone |
| | | E25 | Platja de Binigaus (cliff) N 39°55.253' E 004°01.462' (-1 m) | hard limestone, beige |

Methods

Thin-section petrography was used to identify the main mineralogical characteristics of the different samples. For this, a polarizing microscope (Axioplan, Zeiss) was used, equipped with a high reso-

lution digital camera (DeltaPix Invenio 5DII).

Further, simultaneous thermal analyses (STA), consisting of thermogravimetric analyses (TGA) coupled with differential scanning calorimetry (DSC), were carried out on the samples of the lime burial (with a Netzsch STA 449 F3 Jupiter®). For that,

approximately 30 to 45 mg of a manually crushed sample was heated to 1200°C at a rate of 20°C/min. In absence of organic compounds, the weight loss between 200 and ca. 625°C can generally be attributed to the loss of water chemically bound to hydraulic compounds. The ratio between this weight loss and the total weight loss between 200 and 800°C is indicative for the ‘hydraulicity index’ of the (now completely carbonated) lime of the burial (Bakolas et al. 1998). Simultaneous thermal analyses were also performed on the collected rock samples to look at possible similarities with the samples lifted from the burial. However, in the case of the rock samples, the ‘hydraulicity index’ is rather a measure of the amount of impurities (other than quartz grains) instead of the assessment of its hydraulic properties.

Results of the petrographic characterization

Petrographic characterization of the rock samples

The petrographic examination made it possible to characterize in detail the three types of carbonate facies encountered in the area. Furthermore, some differences occurring within a single facies could be established. Table 2 summarizes the microscopic observations. Figs. 4 to 7 give an idea of the aspect of the main carbonate facies under low magnification.

The rock samples from the back-reef facies are bioclastic packstones (Fig. 4) characterized by abundant fragments of echinoids (skeletal plates and urchin spines) and some foraminifera. They contain a small fraction (<10%) of detrital grains, mainly made of fine quartz grains (< 300 µm) with sometimes a few (greenish) glauconite grains.

The rock samples from the back-reef facies exhibit, as could be expected, boundstones (Fig. 5). They are largely recrystallized, to such an extent that the primary structures are often strongly obliterated. However, coralline red algae and tabulate corals can still be recognized. Very fine quartz grains (<150 µm), if present, are scarce (<1%).

Unsurprisingly, the samples collected in the fore-reef facies (according to the detailed geological map of the area) are bioclastic rudstones-floatstones (limestones made of transported grains derived from the reef, Fig. 6), except for the sample E25 (bioclastic packstone, Fig. 7). This last was lifted from the cliff along the current beach and testifies a more distal marine environment with regard to the reef (a lot of foraminifera with a few echinoids fragments are observed). The main fossil grains of the bioclastic rudstones-floatstones are coralline red algae, tabulate corals, echinoids, bryozoans, brachiopods, bivalves and foraminifera. Of interest, samples lifted from the sedimentary layers forming the wall of the cave (E16 and E17) exhibit very few detrital grains (fine to very fine quartz grains, absence of glauconite). On the other hand, the samples of the same facies taken close to the Cova des Coloms and close to the Cova Polida show a slightly higher detrital fraction (fine to very fine quartz grains with a few glauconite grains).

Petrographic characterization of the lime conglomerate and lumps

Table 3 summarizes the microscopic observations on the lime conglomerate and the lumps found within the lime burial. Figures 8 to 10 give an idea of the general aspect of the thin-sections under low magnification. Unfortunately, information

Table 2. Summary of the microscopic observations on the thin-sections of rock samples.**Taula 2.** Resum de les observacions microscòpiques de les làmines primes de les mostres de roca.

| <i>Carbonate facies</i> | <i>Code</i> | <i>Thin-section</i> | <i>Fossil content</i> | <i>Detrital grains</i> | <i>Binder</i> | <i>Petrographic description</i> |
|-------------------------|-------------|---------------------|---|---|------------------------------|---|
| BACK-REEF | E19 | X1612 Fig. 4 | echinoids (+++) foraminifera (+) | <5% fine quartz grains <1% glauconite | microspar | slightly sandy bioclastic packstone |
| | E21 | X1614 | echinoids (++) bivalves (+) foraminifera (+) | <5% fine quartz grains <1% glauconite | microspar | slightly sandy, coarse porous bioclastic packstone |
| | E27 | X1620 | echinoids (++) foraminifera (+) pellets (+) | <10% fine quartz grains | microspar | sandy bioclastic packstone |
| FRONT-REEF | E22 | X1615 Fig. 5 | coralline red algae (++) tabulate corals (++) | no | microspar and sparry calcite | largely recrystallized boundstone |
| | E23 | X1616 | coralline red algae (++) tabulate corals (++) | <1% very fine quartz grains | sparry calcite | very slightly sandy, completely recrystallized boundstone |
| FORE-REEF | E16 | X1609 | coralline red algae (+) tabulate corals (+) echinoids, bryozoans, brachiopods, bivalves, foraminifera | <1% very fine quartz grains | microspar | very slightly sandy, coarse porous bioclastic rudstone-floatstone |
| | E17 | X1610 Fig. 6 | coralline red algae (+) tabulate corals (+) echinoids, bryozoans, brachiopods, bivalves, foraminifera | <1% fine quartz grains | microspar | very slightly sandy, coarse porous bioclastic rudstone-floatstone |
| | E20 | X1613 | tabulate corals (+) echinoids (++) bryozoans, brachiopods, bivalves, foraminifera | <5% fine quartz grains <1% glauconite | microspar | slightly sandy, coarse porous bioclastic rudstone-floatstone |
| | E26 | X1619 | tabulate corals (+) echinoids (++) bryozoans, brachiopods, bivalves, foraminifera | <5% very fine quartz grains <1% glauconite | microspar | slightly sandy, coarse porous bioclastic rudstone-floatstone |
| | E25 | X1618 Fig. 7 | foraminifera (++) echinoids (+) | <1% very fine quartz grains | micrite | slightly sandy, compact bioclastic packstone |

provided by microscopic examination of the thin-sections of the lime conglomerate and lumps is quite disappointing. Indeed,

preserved structures of the source rock for the lime production are very scarce and, if any, difficult to connect with fossils identi-

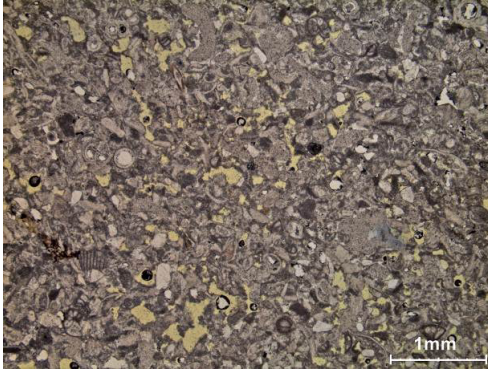


Fig. 4. Photomicrograph of the sample E19 (X1612). Slightly sandy bioclastic packstone – Es Migjorn Gran, abandoned quarry.

Fig. 4. Fotomicrografia de la mostra E19 (X1612). Paquet bioclàstic lleugerament sorrenc – Es Migjorn Gran, pedrera abandonada.



Fig. 5. Photomicrograph of the sample E22 (X1615). Largely recrystallized boundstone (coralline red algae still recognizable, red arrows) – Santa Monica I.

Fig. 5. Fotomicrografia de la mostra E22 (X1615). Pedra àmpliament recristal·litzada (algues coral·lines encara reconeixibles, fletxes vermelles) – Santa Mònica I.

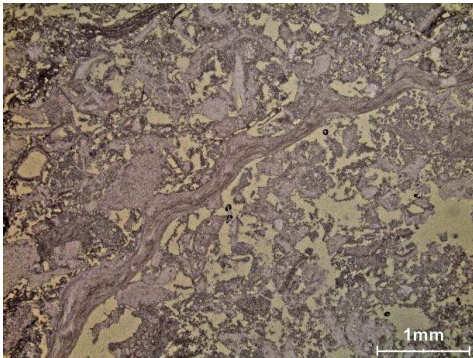


Fig. 6. Photomicrograph of the sample E17 (X1610). Very slightly sandy, coarse porous bioclastic rudstone-floatstone (shell of brachiopod visible in the middle) – Cova de sa Prior, wall of the cave, at the entrance.

Fig. 6. Fotomicrografia de la mostra E17 (X1610). (closca d'un braquípede visible al centre). Pedra bioclàstica lleugerament sorrenca, porosa – Cova de sa Prior, paret de la cova, a l'entrada.



Fig. 7. Photomicrograph of the sample E25 (X1618). Very slightly sandy, compact bioclastic packstone – Platja de Binigaus, cliff.

Fig. 7. Fotomicrografia de la mostra E25 (X1618). Bloc bioclàstic compacte, lleugerament sorrenc – Platja de Binigaus, penya-segat.

fied within the rock samples. For example, sample E14B (Fig. 9) clearly shows numerous circle-shaped holes, but a definitive interpretation for such structures is not easy to find. The lime conglomerate itself is microcrystalline to finely crystalline (micrite to microspar) and very fine quartz grains (<150 µm) can occasionally be found. The occurrence of microspar suggests a later recrystallization of the (initially micritic) lime conglomerate.

Most of the samples show dissolution cracks induced by meteoric water percolation in the karstic cave. These cracks are often coated with secondary deposits of sparry (coarse crystalline) calcite (samples E6, E15A, E15B and S2). Figs. 12 and 13 give a closer look at these coatings.

Petrographic characterization of the incompletely burned lime lump

Unlike the samples of the lime conglomerate and lumps, the observation of the thin-section of the incompletely burned

lime lump (sample E4, Fig. 11) gives reliable information on the source rock for the cremation rite (Table 3). Relatively well-preserved structures of tabulate corals (Fig. 14) and foraminifera (Fig. 15) can be found, whereas (very fine) quartz grains are scarce (<1%).

As the rock samples from the fore-reef facies, lifted from the sedimentary layers forming the wall of the cave (samples E16 and E17), exhibit similar bioclasts (Figs. 16 and 17) while they are at the same time characterized by a very low quartz content without the presence of glauconite, the limestone for the cremation rite was most probably taken from the direct vicinity of the cave or even from within the cave. The coarse porous texture of this rock and the relatively low crystallinity of its calcite binder (microspar) could have made the transformation of the stone into lime hydrate easier (as a normal pyre with wood as fuel was probably used). One might suppose that the analysed incompletely

| Type | Code | Thin-section | Paste/Binder | Quartz grains | Dissolution cracks | Preserved structures of the source rock |
|-----------------------------|------|---------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|---|
| LIME CONGLOMERATE AND LUMPS | E3 | X1600 | micrite/microspar | yes, <1%, very fine | no | no |
| | E6 | X1602 | micrite/microspar | yes, <1%, very fine | yes, with coatings of sparry calcite | no |
| | E14A | X1603 Fig. 8 | micrite/microspar | yes, <1%, very fine | no | no |
| | E14B | X1604 Fig. 9 | micrite/microspar | no | no | yes, circle-shaped |
| | E15A | X1605 | micrite/microspar | no | yes, with coatings of sparry calcite | no |
| | E15B | X1606 | micrite/microspar | no | yes, with coatings of sparry calcite | no |
| | S2 | X1608 Fig. 10 | micrite/microspar | no | yes, with coatings of sparry calcite | no |
| INCOMPLETELY BURNED LUMP | E4 | X1601 Fig. 11 | pseudospar | yes, <1%, very fine | no | yes, tabulate corals and foraminifera |

Table 3. Summary of the microscopic observations on the thin-section of the lime conglomerate and lumps (and the incompletely burned lump).

Taula 3. Resum de les observacions microscòpiques de les làmines primes del conglomerat i fragments de calç (i del fragment cremat de manera incompleta).

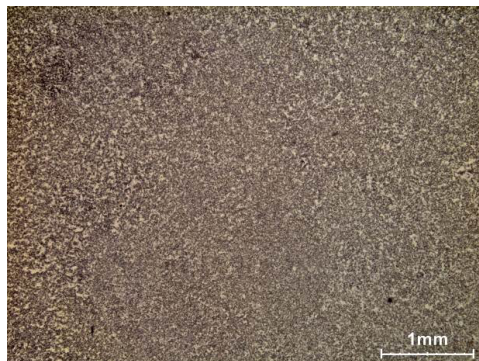


Fig. 8. Photomicrograph of the sample E14A (X1603) – Cova de sa Prior, lime burial (2015).

Fig. 8. *Fotomicrografia de la mostra E14A (X1603) – Cova de sa Prior, enterrament en calç (2015).*

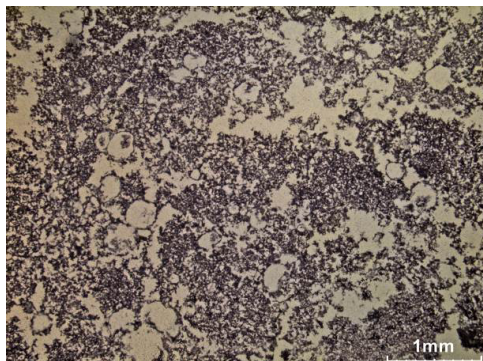


Fig. 9. Photomicrograph of the sample E14B (X1604) – Cova de sa Prior, lime burial (2015). Circle-shaped holes can be observed.

Fig. 9. *Fotomicrografia de la mostra E14B (X1604) – Cova de sa Prior, enterrament en calç (2015). Es pot observar la presència de forats circulars.*

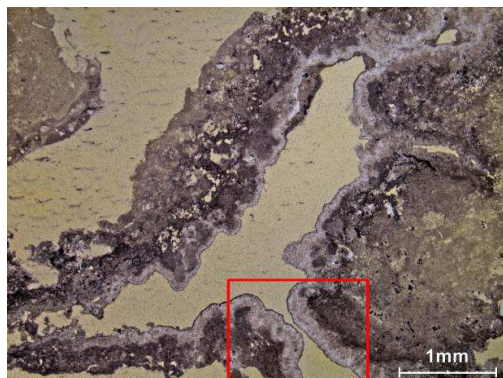


Fig. 10. Photomicrograph of the sample S2 (X1608) – Cova de sa Prior, lime burial (2014). Dissolution cracks with secondary coatings of sparry calcite are clearly visible.

Fig. 10. *Fotomicrografia de la mostra S2 (X1608) – Cova de sa Prior, enterrament en calç (2014).*

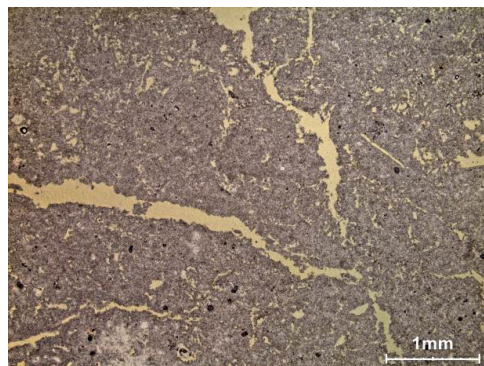


Fig. 11. Photomicrograph of the sample E4 (X1601) – Cova de sa Prior, lime burial (2015).

Fig. 11. *Fotomicrografia de la mostra E4 (X1601) – Cova de sa Prior, enterrament en calç (2015).*

burned lime lump has been preserved because of its dimension and the higher crystallinity of its calcite binder (pseudospar).

Results provided by simultaneous thermal analysis

Thermal analysis of the rock samples

Results provided by STA (Table 4, see Fig. 18 for an example of an analysis diagram) evidence that all of the rock samples

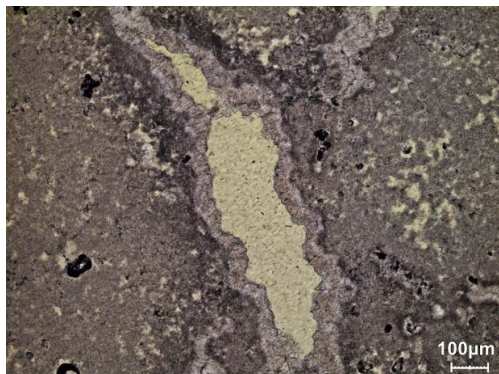


Fig. 12. Detail view of the sample E6 (X1602) showing secondary calcite deposits – Cova de sa Prior, lime burial (2015).

Fig. 12. Vista de detall de la mostra E6 (X1602) que mostra els dipòsits de calcita secundària – Cova de sa Prior, enterrament en calç (2015).

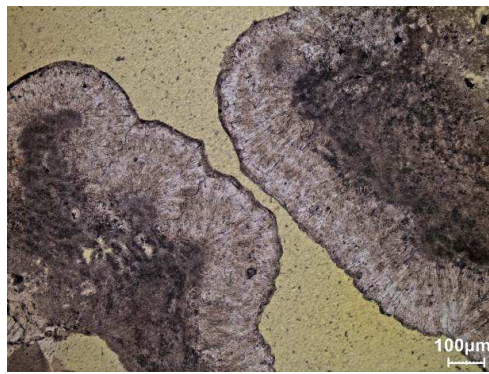


Fig. 13. Detail view on secondary calcite deposits (zoom on the zone indicated by the red frame on Fig. 10) – Cova de sa Prior, lime burial (2014).

Fig. 13. Vista de detall dels dipòsits de calcita secundària (ampliació del requadre vermell de la Fig. 10) – Cova de sa Prior, enterrament en calç (2014).

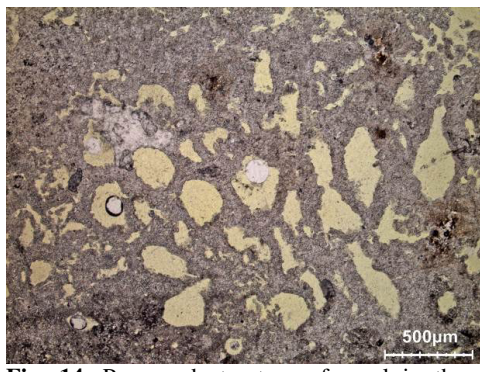


Fig. 14. Preserved structure of coral in the incompletely burned limestone fragment (sample E4, X1601).

Fig. 14. Estructura conservada de corall a un fragment de calcària parcialment cremada (mostra E4, X1601).

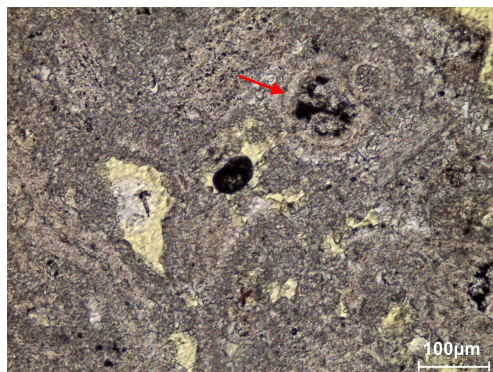


Fig. 15. Preserved foraminiferal test (red arrow) in the incompletely burned limestone fragment (sample E4, X1601).

Fig. 15. Evidència preservada de foraminífer (fletxa vermella) a un fragment de calcari parcialment cremat (mostra E4, X1601).

(except sample E27, Fig. 19) are characterized by a very high calcium carbonate content (around 90%) and contain only a low level of impurities (the hydraulicity index is generally <0.6%).

The lower CaCO₃-content of sample E27 can be attributed to its relatively higher quartz content (close to 10% according to petrographic analysis). The slightly higher ‘hydraulicity index’ of sample E16 is

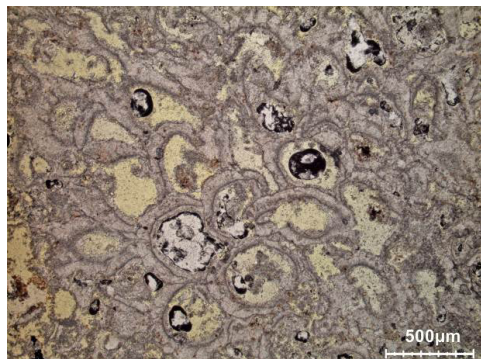


Fig. 16. View on a tabulate coral in a rock fragment lifted from the wall of the cave (sample E16, X1609).

Fig. 16. Vista d'un corall tabular en un fragment de roca procedent de la paret la cova (mostra E16, X1609).

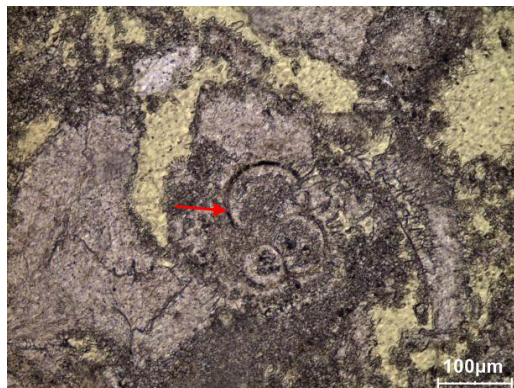


Fig. 17. View on a foraminiferal test (red arrow) in a rock fragment lifted from the wall of the cave (sample E17, X1610).

Fig. 17. Vista d'una evidència de foraminífer (fletxa vermella) a un fragment de roca procedent de la paret la cova (mostra E17, X1610).

probably related to the presence of a low amount of iron oxides, henceforth the weakly orange colour of this sample. These iron oxides probably contain chemically bound water, which will evaporate (dehydration) in the temperature range between 200 and ca. 625°C. The higher 'hydraulicity index' of sample E26 (3.3%)

cannot be easily explained (presence of organic compounds?). The samples of the fore-reef facies are characterized by a higher peak of decarbonation (> 800°C) because of their higher degree of crystallization.

| Carbonate facies | Code | Weight loss (%) [200 – ca. 625°C] | Weight loss (%) [ca. 625 – 800°C] | Hydraulicity index (%) | CaCO ₃ (%) | Peak temperature of decarbonation (°C) |
|------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|--|
| BACK-REEF | E19 | 0.13 | 40.95 | 0.3 | 93.13 | 792.3 |
| | E21 | 0.01 | 40.33 | 0.0 | 91.72 | 790.4 |
| | E27 Fig. 19 | 0.08 | 31.25 | 0.3 | 71.07 | 790.4 |
| FRONT-REEF | E22 | 0.13 | 42.64 | 0.3 | 96.97 | 808.3 |
| | E23 | 0.05 | 42.92 | 0.1 | 97.61 | 811.4 |
| FORE-REEF | E16 | 1.01 | 41.68 | 2.4 | 94.79 | 773.1 |
| | E17 Fig. 18 | no | 39.17 | — | 89.08 | 783.2 |
| | E20 | 0.25 | 41.43 | 0.6 | 94.22 | 794.8 |
| | E26 | (1.39) | 40.62 | (3.3) | 92.38 | 788.7 |
| | E25 | 0.04 | 41.27 | 0.1 | 93.86 | 776.1 |

Table 4. Results provided by STA (rock samples).

Taula 4. Resultats proporcionats per les STA (mostres de roca).

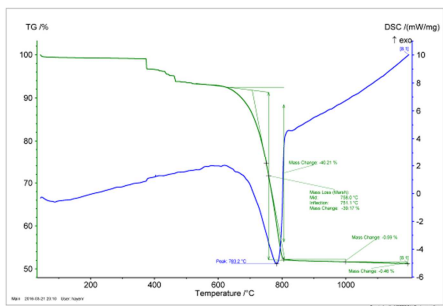


Fig. 18. STA-diagram of sample E17.
Fig. 18. Diagrama STA de la mostra E17.

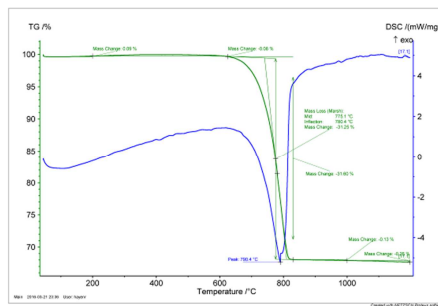


Fig. 19. STA-diagram of sample E27.
Fig. 19. Diagrama STA de la mostra E27.

Thermal analysis of the lime conglomerate and lumps

Results provided by STA (Table 5, see Fig. 20 for an example of an analysis diagram) evidence that all of the samples of the lime conglomerate and lumps are characterized by a very high calcium carbonate content (around 90%) and a significant ‘hydraulicity index’ (from 5.9 to 10.5%). The apparent hydraulicity is here however probably indicative for the presence of organic compounds. The incompletely burned lime lump shows a

lower hydraulicity index (1.7%, Fig. 21). Such value suggests the use of quite pure limestone for the lime production. The presence of a shoulder at higher temperatures (between 800 and ca. 900°C) on all the TG-curves of the samples from the lime burial (Table 5) can be related to the presence of secondary calcite deposits, and to the partly recrystallization of the micritic lime paste.

Table 5. Results provided by STA (lime conglomerate and lumps, and incompletely burned lump).
Taula 5. Resultats proporcionats per les STA (conglomerats i fragments calcaris, i fragments cremats de manera incompleta).

| Type | Code | Weight loss (%) [200 – ca. 625°C] | Weight loss (%) [ca. 625 – 800°C] | Hydraulicity index (%) | CaCO ₃ (%) | % CaCO ₃ related to the shoulder [800 – ca. 900°C] | Peak temperature of decarbonation (°C) |
|-----------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|---|--|
| LIME CONGLOMERATE AND LUMPS | E3 | 2.61 | 38.57 | 6.3 | 87.72 | 5.79 | 757.9 |
| | E6 | 2.64 | 39.22 | 6.3 | 89.19 | 3.24 | 777.9 |
| | E14A | 4.41 | 37.76 | 10.5 | 85.87 | 4.60 | 755.0 |
| | E14B | 2.77 | 39.90 | 6.5 | 90.74 | 2.47 | 767.8 |
| | E15A | 2.72 | 38.35 | 6.6 | 87.22 | 6.06 | 749.5 |
| | S2 Fig. 20 | 2.49 | 40.09 | 5.9 | 91.17 | 8.79 | 769.8 |
| INCOMPLETELY BURNED LUMP | E4 Fig. 21 | 0.72 | 41.31 | 1.7 | 93.95 | 2.13 | 784.4 |

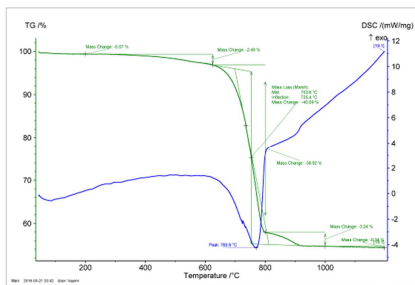


Fig. 20. STA-diagram of the sample S2.
Fig. 20. Diagrama STA de la mostra S2.

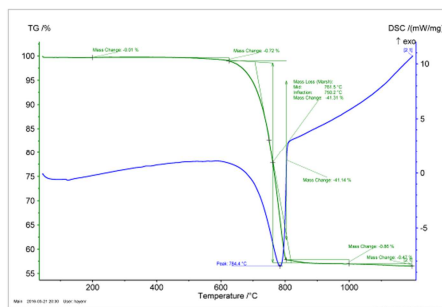


Fig. 21. STA-diagram of the sample E4.
Fig. 21. Diagrama STA de la mostra E4.

Conclusion

Thin-section petrography of the lime conglomerate and lumps gives no relevant information about the provenance of the limestone used for the cremation rite. Results provided by simultaneous thermal analysis suggest the use of a quite pure limestone as calcareous raw material (CaCO_3 -content around 90%), with a very low amount of quartz. However, preserved structures of the source rock for the lime production were found in an incompletely burned limestone fragment. This fragment consists of a very slightly sandy limestone (quartz content <1%, in the absence of glauconite) containing fragments of tabulate corals and foraminiferal tests. These features suggest that limestone from the fore-reef facies (bioclastic rudstones-floatstones) was likely to be used as source rock for the cremation rite. Indeed, limestone from the back-reef facies can be ruled out based on the fossil content and the higher detrital fraction. Due to the high recrystallization degree (lack of well-preserved fossil structures) of the limestone of the front-reef facies, this potential source rock can also be ruled out. Indeed, the use of such a stone as source material would have required higher temperatures to be

reached during the cremation in order for the well-crystallized carbonates to decompose.

Since the cave itself is located in the fore-reef facies, it is hence most probable that the limestone comes from the direct vicinity of the cave or even from within the cave itself. We can thus suppose, as a working hypothesis based on the parsimony principle, that the cremation ritual was executed close to the cave.

References

- Bakolas, A., Biscontin, G., Moropoulou A. and Zendri E. 1998. Characterization of Structural Byzantine Mortars by Thermogravimetric Analysis. *Thermochimica Acta*, 321: 151-160.
- Guerrero, V.M., Ensenyat, J.A., Calvo, M. and Orvay J. 2005. El abrigo rocoso de Son Gallard– Son Marroig. Nuevas aportaciones treinta y siete años después. *Mayurqa*, 30: 79-140.
- IGME (Instituto Tecnológico GeoMinero de España), 1989. Mapa geológico de España, Escala 1:25000, Isla de Menorca, Cala En Brut y Alaior (646-I Alaior).
- Van Strydonck, M., Decq, L., Van den Brande, T., Boudin, M., Ramis, D., Borms, H. and De Mulder G. 2015a. The Protohistoric ‘Quicklime Burials’ from the Balearic

- Islands : cremation or inhumation. *International Journal of Osteoarchaeology*, 25: 392-400.
- Van Strydonck, M., Ramis, D. and De Mulder, G. 2015b. Los enterramientos protohistóricos en cal de las Islas Baleares: ¿cremación o inhumación ? In: A. Martínez Ortega & G. Graziani Echávarri eds. *VI Jornades d'Arqueologia de les Illes Balears*. Consell Insular de Formentera: 15-21.
- Veny, C. 1977. Apuntes complementarios sobre la Cueva de la edad del Hierro de Son Maimó, Petra (Mallorca). *Trabajos de Prehistoria*, 34: 111-164.
- Waldren, W.H. 1982. Balearic Prehistoric Ecology and Culture. The excavation and study of certain caves, rock shelters and settlements. *BAR International Series*, 149(i), 401p.

Sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of the Parc Natural de s'Albufera de Mallorca

Nick J. RIDDIFORD and Andrew D. LISTON

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Riddiford, N. J. and Liston, A. D. 2016. Sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of the Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 203-211. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Eleven sawfly species are recorded from the largest wetland area in the Balearic Islands. Seven of these species are recorded for the first time in the archipelago, with one of them, *Janus luteipes*, being an addition to the recorded fauna of the Iberian Region.

Keywords: sawflies, Symphyta, Mediterranean islands, wetland, biodiversity, faunal records, host plants.

ELS SÍMFITS (HYMENOPTERA: SYMPHYTA) DEL PARC NATURAL DE S'ALBUFERA DE MALLORCA. S'han registrat onze símfits a la zona humida més gran de les Illes Balears. Set d'aquestes espècies han estat primera cita per a l'arxipèlag, essent una d'elles, *Janus luteipes*, també una addició per a la fauna de la regió Ibèrica.

Paraules clau: símfits, Symphyta, Illes mediterrànies, zona humida, biodiversitat, registre de fauna, plantes hoste.

Nick J. RIDDIFORD, TAIB, Schoolton, Fair Isle Shetland, Scotland. E-mail: taibnick@gmail.com ; Andrew D. LISTON, Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut, Eberswalder Str. 90, 15374 Muencheberg, Germany. E-mail: aliston@senckenberg.de

Recepció del manuscrit: 1-des-16; revisió acceptada: 30-des-16.

Introduction

Sawflies (Hymenoptera Symphyta) are an under-recorded group in Mallorca. Information for the Balearic Islands largely stems from the work of Wolfgang Schedl, who collated known records from a series of sources, including specimens collected by his colleagues and himself (Schedl, 1987). These are mainly snapshots in time, and spatially fragmented. None of his records are from the wetland of s'Albufera de Mallorca. This paper reports the first Symphyta records for s'Albufera de Mallorca and places them in the context of current knowledge for the Balearics and

other Mediterranean islands. Very little information on the sawfly assemblages of Mediterranean wetlands has hitherto been made available.

Methods

Study area

S'Albufera de Mallorca is an internationally important wetland. It is the largest wetland in the Balearic Islands and is separated from the sea by a belt of coastal dunes (Fig. 1). Its level of protection is high. In 1988, a total of 1,688 ha, incorporating approximately 1,450 ha of

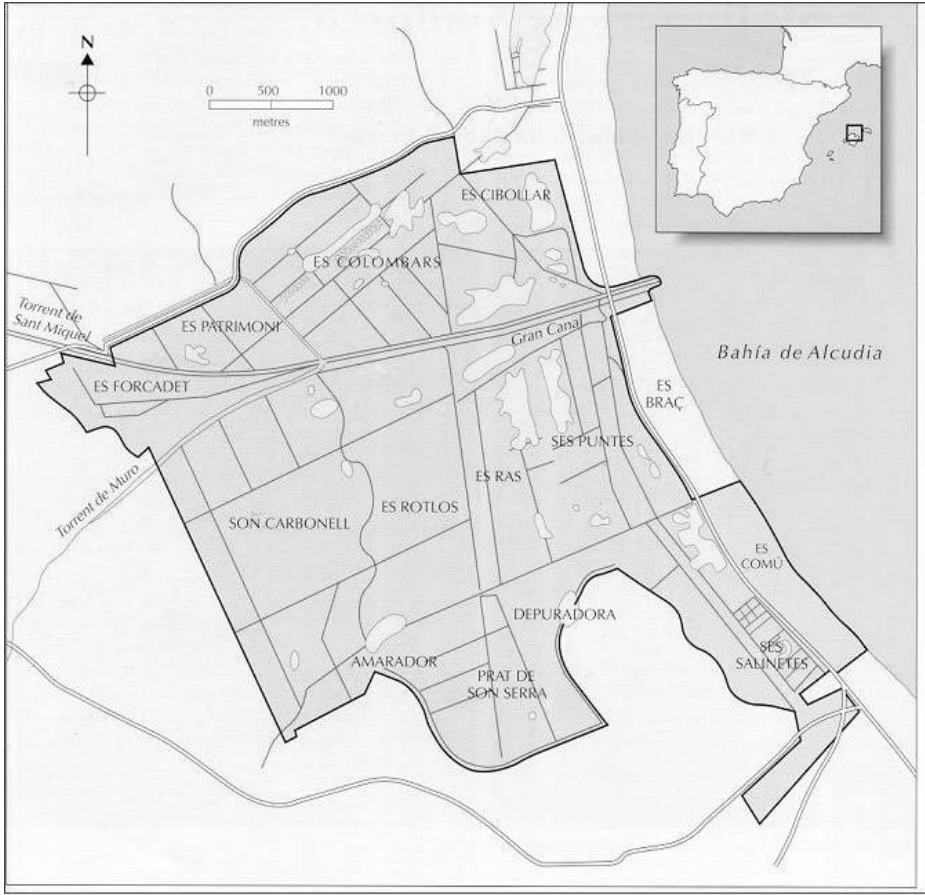


Fig. 1. Map of the Parc Natural de s'Albufera de Mallorca and its location in the Iberian Region.
Fig. 1. Mapa del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca i la seva localització dins la regió Ibèrica.

wetland and over 200 ha of dune, received designation as a *Parc Natural* by the Balearic Government. It also became a Ramsar Convention wetland site. Coordinates of the approximate centre of the park are 39.797°N 3.106°E.

The wetland zone comprises a complex network of canals – products of a failed attempt to drain the site in the 1860s (Picornell & Ginard, 1995) – extensive reed beds and shallow, open water bodies. Apart from extensive saltmarsh and saline

lagoons in the north-east and a small set of abandoned salt pans in the south-east, the wetland is largely freshwater. An incomplete set of fossil dunes, remnants of an ancient coastline formed during the Riss glaciation some 100,000 years before present, runs through the wetland parallel to the coast (Barceló & Mayol, 1980; Servera, 2004). An uninterrupted one kilometre wide band of coastal dunes separates the wetland from the sea. A small portion, Es Comú (Fig. 1), has escaped urban development

and been incorporated into the Parc. The entire wetland is flat, and at or just above sea level.

S'Albufera records

All records refer to specimens collected during biodiversity monitoring activities as part of The Albufera International Biodiversity group (TAIB) research and training activities at the Parc Natural de s'Albufera de Mallorca and its periphery at Son Bosc (see Riddiford *et al.*, 2014). The majority of specimens were intercepted by Malaise trap or during light trap studies focused on moths. Five were netted or "tubed" in the field. With the exception of *Tenthredo meridiana* netted in fossil dune grassland, all were taken at sites within or adjacent to wetland habitats, including *Populus alba* riparian woodland. No attempt was made to target the group in the field. Captures, especially in the light trap, were incidental rather than the main focus of activity. However, all individuals from 2006 onwards were taken, prepared as set specimens and sent to ADL for determination or verification. Voucher specimens are deposited in the collection of the Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut, Muencheberg, Germany. The results are presented below in an annotated list.

Mallorca

In order to place s'Albufera de Mallorca observations in context, reference is made to records from elsewhere in Mallorca (Table 1). These are taken from Schedl (1987).

Mediterranean

Faunal studies have provided information on the status and distribution of Symphyta for all of the larger Mediterranean islands, and some of the

smaller ones. Published data were reviewed by Turrisi (2011), and additional studies have subsequently appeared for Crete (Liston *et al.* 2015), Sicily (Liston *et al.* 2013), and Malta (Liston & Zerafa 2012, Liston & Mifsud 2016).

Results

The specimens collected at s'Albufera de Mallorca, including the adjacent area of Son Bosc, are listed below. All the records are *leg.* N J Riddiford, *det.* A D Liston unless otherwise stated. Table 1 summarises these records along with those reported by Schedl (1987).

Species list

Cephididae

Janus luteipes (Lepelletier, 1823)

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, beaten from *Populus alba*: 1♀, 15.5.2003.

Tenthredinidae

Athalia ancilla Serville, 1823

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: mercury vapour (MV) trap, 1♀, 27.8.2006, *leg.* I Ferriz; 1♀, 18.9.2008; 1♀, 19.9.2008; 1♀, 20.9.2008; 2♀♀, 02.10.2008; 1♀, 24.9.2010; 1♀, 30.9.2010; 2♀♀, 04.10.2010.

Athalia circularis (Klug, 1815)

PN s'Albufera de Mallorca, Camí d'en Pujol, alongside *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: Malaise trap, 1♀, 03–05.6.2010.

Athalia cordata Serville, 1823

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: MV trap, 1♀, 09.11.2001; 1♀, 21.9.2008; 2♀♀,

24.9.2010; 2♂♂, 30.9.2010; 1♂, 3♀♀, 03.10.2010; 4♂♂, 4♀♀, 04.10.2010; 1♀, 16.10.2010; 1♀, 17.9.2012; 3♀♀, 18.9.2012; 2♂♂, 2♀♀, 25.9.2012; 3♂♂, 3♀♀, 26.9.2012.

PN s'Albufera, Es Comu, coastal dune woodland, *leg.* T. Tomas: yellow pan trap, 1♀, 07.4.2012.

Cladius brullei (Dahlbom, 1835)

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: Malaise trap, 1♀, 06–10.6.2008; MV trap: 1♀, 03.10.2010; 1♀, 08.10.2010; 1♀, 29.9.2012.

Cladius pectinicornis (Geoffroy, 1785)

PN s'Albufera de Mallorca, Es Rotlos, open habitat after February 2005 fire of *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: Malaise trap, 1♀, 06–08.6.2005; 1♂, 21–22.4.2006.

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: Malaise trap, 2♂♂, 1♀, 01–05.6.2008; by hand, on building, 1♀, 13.5.2008; MV trap, 1♂, 23.5.2009; Malais trap, 1♀, 24–26.5.2009; 1♂, 20–21.5.2010; MV trap, 1♀, 21.9.2010.

PN s'Albufera de Mallorca, Camí d'en Pujol, Malaise trap, alongside *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: 10♂♂, 01–02.6.2010; 2♂♂, 1♀, 03–05.6.2010; yellow pan trap, 1♂, 09.4.2012.

Empria excisa (Thomson, 1871)

PN s'Albufera de Mallorca, Es Rotlos, *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: Malaise trap, 1♂, 21–22.4.2006; 1♂, 23–24.4.2006.

PN s'Albufera de Mallorca, Camí d'en Pujol, alongside *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: Malaise trap, 1♂, 01–02.6.2010; yellow pan trap, 1♂, 09.4.2012.

Fenella nigrita Westwood, 1839

PN s'Albufera de Mallorca, Camí d'en Pujol, *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: yellow pan trap, 1♀, 09.4.2012.

Halidamia affinis (Fallén, 1807)

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: MV trap, 1♀, 23.5.2009.

Monostegia abdominalis (Fabricius, 1798)

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: Malaise trap, 1♀, 27–31.5.2008; 1♀, 01–05.6.2008; 1♀, 20–21.5.2010.

PN s'Albufera de Mallorca, Es Colombar, *Phragmites australis* reedbed: Malaise trap, 1♀, 29–31.5.2010.

PN s'Albufera de Mallorca, Camí d'en Pujol, alongside *Cladium mariscus/Phragmites australis* reedbed: Malaise trap, 10♀♀, 01–02.6.2010.

Pristiphora denudata Konow, 1902

PN s'Albufera de Mallorca, Sa Roca, riparian woodland and scrub: MV trap, 1♀, 04.5.2003; Malaise trap, 1♀, 27–31.5.2008; by hand, on wall, 1♀, 23.5.2009; MV trap, 1♀, 07.10.2010.

Tenthredo meridiana (Lepelletier, 1823)

PN s'Albufera de Mallorca, Ses Punes, fossil dune grassland: netted, 1♀, 16.4.1999.

S'Albufera de Mallorca, Son Bosc, fossil dune grassland, on *Euphorbia serrata*: 1♀, 08.4.2008, *leg.* Anna Traveset; 1♀, 05.4.2009, *leg.* Rocio Castro.

PN s'Albufera de Mallorca, Es Comu, coastal dune woodland; yellow pan trap, 1♀, 07.4.2012, *leg.* T. Tomas.

Table 1. Summary of Balearic sawfly records. *Taula 1. Resum dels símfits de Balears.*

| Species | Family | Listed by Schedl (1987) | Current study | Comments |
|---|------------------|-------------------------|---------------|--|
| <i>Megalodontes bucephalus</i> (Klug, 1824) | Megalodontesidae | × | | |
| <i>Janus compressus</i> (Fabricius, 1793) | Cephidae | × | | |
| <i>Janus luteipes</i> (Lepeletier, 1823) | Cephidae | | × | new to Iberia (Taeger <i>et al.</i> , 2006) |
| <i>Calameuta pygmaea</i> (Poda, 1761) | Cephidae | × | | |
| <i>Phylloecus faunus</i> Newman, 1838 | Cephidae | × | | as <i>Hartigia albomaculata</i> in Schedl (1987) |
| <i>Trachelus tabidus</i> (Fabricius, 1775) | Cephidae | × | | |
| <i>Arge ochropus</i> (Gmelin, 1790) | Argidae | × | | |
| <i>Gilpinia virens</i> (Klug, 1812) | Diprionidae | × | | |
| <i>Allantus didymus</i> (Klug, 1818) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Aneugmenus padi</i> (Linnaeus, 1760) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Athalia ancilla</i> Serville, 1823 | Tenthredinidae | × | × | as <i>Athalia glabricollis</i> in Schedl (1987) |
| <i>Athalia circularis</i> (Klug, 1815) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Athalia cordata</i> Serville, 1823 | Tenthredinidae | × | × | |
| <i>Athalia cornubiae</i> Benson, 1931 | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Athalia rosae</i> (Linnaeus, 1758) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Cladius brullei</i> (Dahlbom, 1835) | Tenthredinidae | | × | new to Balearics (this study) |
| <i>Cladius pectinicornis</i> (Geoffroy, 1785) | Tenthredinidae | × | × | |
| <i>Empria excisa</i> (Thomson, 1871) | Tenthredinidae | | × | new to Balearics (this study) |
| <i>Fenella nigrita</i> Westwood, 1839 | Tenthredinidae | | × | new to Balearics (this study) |
| <i>Fenusella hortulana</i> (Klug, 1818) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Halidamia affinis</i> (Fallén, 1807) | Tenthredinidae | | × | new to Balearics (this study) |
| <i>Monostegia abdominalis</i> (Fabricius, 1798) | Tenthredinidae | | × | new to Balearics (this study) |
| <i>Pristiphora abbreviata</i> (Hartig, 1837) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Pristiphora denudata</i> Konow, 1902 | Tenthredinidae | | × | new to Balearics (this study) |
| <i>Silliana lhommei</i> (Hering, 1934) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Strongylogaster multifasciata</i> (Geoffroy, 1785) | Tenthredinidae | × | | |
| <i>Tenthredo meridiana</i> Serville, 1823 | Tenthredinidae | × | × | |

Table 2. Known host plants of larvae and likely hosts at s'Albufera de Mallorca.**Taula 2.** *Plantes conegudes hoste de les larves i potencials hostes a s'Albufera de Mallorca.*

| Species | Known hosts | Likely hosts at s'Albufera de Mallorca |
|--|--|---|
| <i>Athalia ancilla</i> ¹ | Brassicaceae such as <i>Alliaria</i> , <i>Erysimum</i> , <i>Raphanus</i> and <i>Sisymbrium</i> (Benson 1952) | <i>Raphanus raphanistrum</i> , <i>Sisymbrium officinale</i> |
| <i>Athalia cordata</i> ¹ | <i>Ajuga</i> , <i>Antirrhinum</i> , <i>Plantago</i> (Benson 1952) | <i>Antirrhinum orontium</i> , <i>Plantago</i> spp |
| <i>Athalia circularis</i> ¹ | <i>Veronica</i> species ² | ? |
| <i>Cladius brullei</i> | <i>Rubus</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> (Benson 1958) | <i>Rubus ulmifolius</i> |
| <i>Cladius pectinicornis</i> | Rosaceae (Benson 1958) | <i>Potentilla reptans</i> ³ |
| <i>Empria excisa</i> | <i>Filipendula vulgaris</i> (Macek 2009) | ? <i>Rubus ulmifolius</i> , ? <i>Potentilla reptans</i> |
| <i>Fenella nigrita</i> | <i>Potentilla reptans</i> , <i>Agrimonia eupatoria</i> (Benson 1952) | <i>Potentilla reptans</i> |
| <i>Halidamia affinis</i> | <i>Galium aparine</i> , <i>Galium mollugo</i> (Benson 1952) | <i>Galium elongatum</i> ; other <i>Galium</i> spp |
| <i>Janus luteipes</i> | <i>Salix</i> , <i>Populus</i> , <i>Viburnum</i> (Benson 1951) | <i>Populus alba</i> |
| <i>Monostegia abdominalis</i> | <i>Lysimachia</i> , <i>Anagallis arvensis</i> (Benson 1952) | <i>Anagallis arvensis</i> |
| <i>Pristiphora denudata</i> | <i>Rubus</i> (Chambers 1961) | <i>Rubus ulmifolius</i> |
| <i>Tenthredo meridiana</i> | ? <i>Euphorbia segetalis</i> ⁴ (Schedl 1987) | ? <i>Euphorbia terracina</i> ; other <i>Euphorbia</i> spp. |

Notes. 1: All three recorded *Athalia* species are affected by unclarified taxonomic problems, possibly involving additional species. The published host plant data may therefore be misleading. 2: *Veronica* species are the only confirmed larval hosts of *A. circularis* (Kontuniemi 1951, Chevin 1975), although Benson (1952) listed other plant genera named as hosts in earlier literature. 3: In Valencia Province, Spain, 2014, ADL found numerous *C. pectinicornis* adults on *Potentilla reptans*, but not on other plant species, strongly suggesting that *P. reptans* is a host. 4: Schedl (1987) speculated that *Euphorbia* species could be the larval hosts of *T. meridiana*, because adults habitually feed at *Euphorbia* inflorescences. However, the known larval hosts of other species belonging to this group of *Tenthredo* are all Asteraceae.

Biodiversity

Eleven species were encountered at s'Albufera de Mallorca. Seven of these were not listed by Schedl (1987) and appear to be additions to the known Balearic fauna. Schedl listed 20 species for the archipelago. Our observations bring the total Balearic species count to 27 (Table 1). Nomenclature follows Taeger *et al.* (2010) and Liston & Prous (2014).

Ecology

No specific information was obtained on larval host plants used at s'Albufera de Mallorca. However, some inferences can be drawn from the hosts as recorded elsewhere, as summarised in Table 2.

Discussion

This is the first sawfly list to be published for s'Albufera de Mallorca.

Because of its spatial limits and the incidental nature of recording, the study has less scope than the more detailed and wide-ranging studies of Schedl (1987) covering all four major Balearic islands. Nevertheless, despite a low count of eleven species, seven were additions to the Schedl Balearic list.

The Balearic context

Schedl's map of his sampling sites and the location of records published in the literature (Schedl, 1987) did not include s'Albufera de Mallorca. The nearest location was the Victoria Peninsula, 10 km away, which is a typical Mediterranean pine woodland replaced at higher altitudes by garrigue and rocky outcrops. Extensive sampling was also done in the Tramuntana mountains and other generally dry habitats.

Sampling periods for the two studies covered much the same times of year, so seasonal differences can be dismissed as the reason for substantial disparity in the taxa recorded. Habitat is probably the main contributor to the differences. The plant communities in wetlands are very different to those of drier habitats, which will influence food plant availability for all but generalist species.

Schedl's observations of plant associations extended only to flowers frequented by the adults. He did, however, note potential larval host plants, drawing largely from Benson (1951, 1952) as his source. Our study gathered no direct data on host plants, but some associations can be made based on known hosts and potentially suitable plant species readily available near the locations of capture (Table 2).

Pristiphora denudata and *Tenthredo meridiana* have respectively an Atlantic and a West Mediterranean distribution pattern. The other species recorded at s'Albufera de Mallorca are more

widespread in Europe. Although they are not associated with particularly narrow habitat niches in the more northern parts of their range, several of them may well prove to be largely restricted in the Mediterranean to wetland areas. One such species is *Janus luteipes*, recorded for the first time in the Iberian region (Table 1).

The Mediterranean context

Distance from the continental mainland will affect species diversity for all Mediterranean islands. For instance, the species list for the department of l'Ariège (France), at 4,890 sq km only marginally smaller than the Balearic Islands (5,015 sq km) stands at 316 (Savina, 2016), while the total for Cyprus is 37 (Liston & Späth, 2008), for Crete 42 (Liston *et al.*, 2015), for Sicily 139 (Liston *et al.*, 2013), for Corsica 75 (Turrisi, 2011) and for Sardinia 73 (Turrisi, 2011). Greater recording effort will certainly explain a considerable part of the disparity between the French mainland total and those from the Mediterranean islands. Nevertheless, better ambient conditions for a group requiring certain levels of humidity or moistness in their early stages may also contribute to the much higher total. Indeed, Liston & Späth (2008) postulated that the considerably higher rainfall regime of the western Mediterranean islands could be an important factor in explaining the higher totals for Sicily westwards, compared with Cyprus and Crete.

The sawfly list for the Balearic Islands now stands at 27. This is lower than the Sicily, Corsica and Sardinia totals by a factor of 2.7 or more. A greater distance from the European mainland, a much smaller land area (see Table 3) and the immense period of isolation from continental blocks (for Mallorca and Menorca) all place limitations on the diver-

Table 3. Land area of the Balearics and four other Mediterranean islands**Taula 3.** Àrea terrestre de les Balears i de quatre illes mediterrànies més.

| Island/Archipelago | Size (sq km) |
|--------------------|--------------|
| Balearic Islands | 5,015 |
| Corsica | 8,680 |
| Sardinia | 24,100 |
| Sicily | 43,090 |
| Cyprus | 9,250 |

sity of Symphyta in the Balearic Islands. However, as a western Mediterranean island experiencing high seasonal rainfall and with habitats ranging through garrigue to wetland, and from lowland plain to high mountain, there is ample scope for more intensive studies to raise this total considerably.

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the Balearic *Conselleria de Medi Ambient* and Directorate of the *P.N. s'Albufera de Mallorca* for permission to operate in the *Parc*, Dr Anna Traveset for making available records collected by her IMEDEA team and TAIB volunteers for help with the collection process. We thank Parc Director Maties Rebassa for his considerable help, Laura Royo (TAIB) for translating the abstract and titles and Dr Marko Prous (Tartu and Muencheberg) for confirming the identity of *Empria excisa*.

References

Barceló, B. and Mayol, J. 1980. *Estudio Ecológico de la Albufera de Mallorca*. ICONA, Departamento de Geografía, Universidad de Palma de Mallorca, Spain, 406 pp.

- Benson, R. B. 1951. Hymenoptera Symphyta. *Handbooks for the Identification of British Insects*, 6 (2a): 1-49.
- Benson, R. B. 1952. Hymenoptera Symphyta. *Handbooks for the Identification of British Insects*, 6 (2b): 1-137.
- Benson, R. B. 1958. Hymenoptera Symphyta. *Handbooks for the Identification of British Insects*, 6 (2c): 139-258.
- Chambers, V. H. 1961: Bedfordshire sawflies: with some new food-plants. *Entomologist's Monthly Magazine*, 96(21)[1960]: 209-211.
- Chevin, H. 1975: Notes sur les Hyménoptères Tenthredoïdes. *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, 44(8): 273-276.
- Kontuniemi, T. 1951: Zur Kenntnis des Lebenszyklus der Sägewespen (Hymenoptera, Symphyta) in Finnland. *Acta entomologica Fennica*, 9: 1-92.
- Liston, A. D., Jacobs, H.-J. and Prous, M. 2015. The Sawflies of Crete (Hymenoptera, Symphyta). *Deutsche entomologische Zeitschrift, Neue Folge*, 62(1): 65-79.
- Liston, A. D., Jacobs, H.-J. and Turrisi, G. F. 2013. New data on the sawfly fauna of Sicily (Hymenoptera, Symphyta: Xyeloidea, Tenthredinoidea, Pamphilioidea, Cephoidea, Orussoidea). *Entomologists' Monthly Magazine*, 149: 29-65.
- Liston, A. D. and Mifsud, D. 2016. First record of the sawfly family Xyelidae (Hymenoptera) from Malta. *Bulletin of the Entomological Society of Malta*, 8: 35-38.
- Liston, A. D. and Prous, M. 2014. Sawfly taxa (Hymenoptera, Symphyta) described by Edward Newman and Charles Healy. *Zookeys*, 398: 83-98.
- Liston, A. D. and Späth, J. 2008: On the sawflies of Cyprus, with a revision of the *Pristiphora subbifida* species group (Hymenoptera, Symphyta). *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 98: 99-120.
- Liston, A. D. and Zerafa, M. 2012. The Sawflies of the Maltese Islands (Hymenoptera, Symphyta). *Bulletin of the Entomological Society of Malta*, 5: 49-55.
- Macek, J. 2009. Výsledky srovnávacího faunistického průzkumu siropasých (Hymenoptera, Symphyta) v přírodních rezervacích Certoryje, Machová a Kútky. *In:*

- Jongepierova, I. (ed.) *Vliv oborního chovu spárkaté zvižøe na pr kútky*. Sborník referátù z konference, Praha. 19-38.
- Picornell, C. and Ginard, A. 1995. John Frederic Latrobe Bateman. In (Martínez Taberner, A. & Mayol Serra, J. eds.) *S'Albufera de Mallorca. Monografies de la Soc. Hist. Nat. Balears* 4. 39-46.
- Riddiford, N. J., Veraart, J. A., Ferriz, I., Owens, N. W., Royo, L. and Honey, M. R. 2014. The Albufera Initiative for Biodiversity: a cost effective model for integrating science and volunteer participation in coastal protected area management. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 14(2): 267-288. doi:10.5894/rgci475.
- Savina, H. 2016. Second complément à la liste des Hyménoptères Symphytes du département de l'Ariège. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 121(3): 285-288.
- Schedl, W. 1987. Die Pflanzenwespen der Balearen: faunistisch-tiergeographische und ökologische Aspekte (Insecta: Hymenoptera, Symphyta). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 60: 121-132.
- Servera, J. 2004. *Geomorfologia del Litoral de les Illes Balears*. Edicions Documenta Balear, Palma de Mallorca.
- Taeger, A., Blank, S. M. and Liston, A. D. 2006. European Sawflies (Hymenoptera: Symphyta) – a Species Checklist for the Countries. In: Blank, S. M., Schmidt, S. and Taeger, A. (eds). *Recent Sawfly Research: Synthesis and Prospects*. Goecke & Evers, Keltern. 399-504.
- Taeger, A., Blank, S. M. and Liston, A. D. 2010. World Catalog of Symphyta (Hymenoptera). *Zootaxa*, 2580: 1-1064.
- Turrisi, G.F. 2011. Diversity and biogeographical remarks on "Symphyta" of Sicily (Hymenoptera). *Biogeographia*, 30: 511-528.

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://dgcpepa.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 diverses 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. 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 Bourrouilh (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
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. 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; Gavrillets 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 florísticas 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*.

