



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

ISSN 0212-260X  
**Volum 57 (2014)**  
Palma de Mallorca

**BSHN**

*Periacanthus tetraconis* (Crustacea, Decapoda). Fotografia d'I. Pérez

**57**

## **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

### **Junta Directiva**

President: Antoni M. Grau i Jofre  
Vice-President: Francesc Gràcia i Lladó  
Secretari: Damià Vicens Xamena  
Tresorera: Agustina Janés 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](mailto:publicacions@shnb.org)

**BOLLETÍ**  
**de la**  
**SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL**  
**DE LES BALEARS**  
**57 (2014)**

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



Vol. 57 (2014)

SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

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

**Data de publicació: desembre 2014**  
**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. M. Bosch (Univ. de Barcelona)  
Dr. M.A. Carretero (Univ. de Barcelona)  
Dr. M.A. Calvo (Univ. Autònoma de Barcelona)  
Dr. J. Cuello (Barcelona)  
Dr. J.G. Esteban (Univ. de València)  
Dr. J. Ferrer (Naturhis, Riskmuseet, Stockholm)  
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 (SKUA, SL)  
Sr. L. Moragues (Soc. Hist. Nat. Balears)  
Dra. E. Moreno (Est. Exper. Zonas Àridas, Almeria)  
Dr. J. A. Morguí (Univ. Barcelona)  
Dra. C. Mourer-Chauviré (Univ. Lyon)  
Dra. M. Muntañola-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)  
Sr. D. Vicens (Soc. Hist. Nat. Balears)





## INDEX

### Editorial

- Pons, J. i Bover, P.** Eines genètiques i evolutives per a la descripció de la diversitat biològica.  
*Genetic and evolutionary tools for the description of biological diversity* ..... 9

### Articles

- Ferratges, F.A., Ortega, G., Fernández, M., Eduvigis Moreno, E. y Maza, L.M.** *Periacanthus tetracornis* (Crustacea, Decapoda), nueva especie del Eoceno inferior de Huesca (Aragón, España).  
*Periacanthus tetracornis (Crustacea, Decapoda), new species from the Lower Eocene of Huesca (Aragón, Spain)* ..... 37
- Martorell, M.** Morfogènesi i evolució dels codolats del Coll Baix, sa Calobra i Cala Tuent (Mallorca).  
*Morphogenesis and evolution of the pebble beaches of Coll Baix, Sa Calobra and Cala Tuent (Mallorca)* ..... 55
- Mir-Gual, M., Pons, G.X., Gelabert, B., Martín-Prieto, J.Á. and Rodríguez-Perea, A.** Conservation approach of a front dune system through the study of its blowouts (Cala Agulla, Mallorca).  
*Aproximació a la conservació d'un sistema dunar a través dels seus blowouts (Cala Agulla, Mallorca)* ..... 79
- Gil, L. i Seguí, J.** Diversitat florística de l'Àrea Natural d'Espècial Interès del Cap de Cala Figuera-Refeubeig i àrea d'influència (Calvià-Mallorca).  
*Floristic diversity of the cala Figuera's cape and Refeubeig ANEI and influenced area (Calvià-Mallorca)* ..... 105
- Juárez, J.** *Cymatium (Monoplex) trigonum* (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, nuevo registro de fauna 'senegalesa' en el OIS 5e de la isla de Mallorca (Islas Baleares, España).  
*Cymatium (Monoplex) trigonum (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, new record for 'senegalese' fauna in the OIS 5e of the Mallorca Island (Balearic Islands, Spain)* ..... 129
- Petitpierre, E.** *Colaphellus sophiae* (Schaller), nuevo género y nueva especie para la fauna ibero-balear (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae).  
*Colaphellus sophiae (Schaller), new genus and new species for the Ibero-Balearic fauna (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae)* ..... 137
- Vicens, D.** Els jaciments de platja pleistocens entre cala Mesquida i cala Roja (Capdepera, Mallorca, Mediterrània occidental).  
*Quaternary beach deposits in Capdepera between cala Mesquida and cala Roja (Mallorca, western Mediterranean)* ..... 141

<b>Fraga, P.</b> Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (X). Notes florístiques <i>Notes and contributions to the flora of Menorca (X). Floristic records ...</i>	161
<b>Gómez-Pujol, L.</b> Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears). <i>Observations on summer sea breeze in Eastern Mallorca (Balearic Islands) .....</i>	191
<b>Balaguer, P., Galán, Y. i Sardà, R.</b> Assaig de quantificació de la pèrdua del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) degut als incendis forestals: exemple pilot de la Serra de Tramuntana (Mallorca, Illes Balears). <i>Testing the change of the value of ecosystem service value (ESV) due to forest fires: pilot example of Serra de Tramuntana (Mallorca, Balearic Islands) .....</i>	203

## Altres

Normes de Publicació del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	227
Normas de Publicación del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	232
Publication rules of the <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .....	237



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

## **Eines genètiques i evolutives per a la descripció de la diversitat biològica**

**Joan PONS i Pere BOVER**

Grup de Recerca Biodiversitat, Sistemàtica, i Evolució  
Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB)  
Miquel Marquès, 21  
07190 Esporles (Illes Balears)  
E-mail: [jpons@imedea.uib-csic.es](mailto:jpons@imedea.uib-csic.es)

L'increment de l'activitat antropogènica dels darrers dos segles ha provocat una dràstica reducció i fragmentació dels hàbitats naturals i la seva diversitat biològica, sobretot a dos dels punts calents de biodiversitat com són les conques Mediterrània i Amazònica (Kruess i Tschardtke, 1994; Myers *et al.*, 2000; Brooks *et al.*, 2006; Cardinale *et al.*, 2012). Aquest procés s'ha accelerat tant que la majoria de les espècies s'extingirà abans de que es puguin identificar i descriure ja que el nombre de taxònoms és baix i, a més, s'està disminuint, fenomen que s'ha denominat crisi taxonòmica (Tautz *et al.*, 2003). Aquest fenomen és particularment greu en els grups sistemàtics composts per milers d'espècies i on les descrites representen menys de la meitat de les estimades, com per exemple en els artròpodes (Odegaard, 2000). I el problema també es pot ampliar a nivell poblacional ja que la diversitat genètica és crucial per a la viabilitat de les espècies i per als processos d'especiació (Gugerli *et al.*, 2008).

Fa uns 30 anys, els estudis evolutius i sistemàtics a nivell molecular només es podien realitzar sobre organismes model com per exemple *Drosophila melanogaster*, *Caenorhabditis elegans* i *Mus musculus*, però dues tècniques revolucionàries varen permetre desenvolupar-los a nivell de qualsevol llinatge eucariota. Un dels mètodes fou l'amplificació *in vitro* de l'ADN mitjançant la Reacció en Cadena de la Polimerasa (sigles PCR en anglès, *Polymerase Chain Reaction*) que combina cadenes curtes d'ADN de cadena

simple (anomenats oligo-nucleòtids, iniciadors, encebadors o *primers*), una polimerasa termoestable i una repetició seqüencial de tres cicles de temperatura per multiplicar de forma exponencial el nombre de còpies d'un fragment d'ADN: la desnaturalització de la doble cadena d'ADN, la hibridació de l'encebador a l'ADN i polimerització de la cadena complementària (Mullis *et al.*, 1986). L'altre fou la possibilitat de desxifrar l'ordre dels nucleòtids d'una cadena d'ADN (seqüència nucleotídica) mitjançant l'aturada de la síntesi enzimàtica de la polimerasa degut a la incorporació de desoxinucleòtids marcats (Sanger *et al.*, 1977). Durant les dues darreres dècades, l'ús combinat d'ambdues tècniques ha permès obtenir les seqüències nucleotídiques d'espècies diferents per a reconstruir arbres filogenètics els quals mostren les relacions dicotòmiques ancestre-descendents d'aquestes fent possible contrastar-los amb la taxonomia clàssica basada en caràcters morfològics (Li, 1997). Fins fa relativament poc, el gens disponibles per a construir filogènies moleculars eren molt escassos perquè mancaven oligo-nucleòtids 'universals' per poder amplificar mitjançant PCR el mateix gen a varies espècies. La majoria de seqüències disponibles estaven localitzades en el genoma mitocondrial (Simon *et al.*, 1994) i en el clúster de gens nuclears que codifiquen per l'ARN ribosomal (Hillis i Dixon, 1991).

Els mètodes de seqüenciació de nova generació (NGS, de l'anglès *Next Generation Sequencing*) desenvolupats ja dins el segle XXI per abaratir el projecte genoma humà han donat lloc a una segona revolució de la filogenètica molecular. Encara que avui en dia hi ha varies plataformes de NGS (454, IonTorrent, Solexa, i PacificBio), el mètode de seqüenciació massiva més estès a l'actualitat és el de la plataforma Illumina bàsicament degut a l'alta qualitat i baix cost de les seves seqüències (Quail *et al.*, 2012). Per exemple, una carrera (o *run*) del seqüenciador Illumina model HiSeq 2500 produeix 330 milions de seqüències de 150 nucleòtids per uns 3.000 € i en tan sols una setmana. Aquest mètode es basa en un procés previ molt complex a micro-escala que comença tallant el genoma aleatòriament en fragments curts de 50-300 bases per després afegir-ne adaptadors en els seus extrems. Posteriorment, ja dins el seqüenciador, aquests fragments es fixen a la superfície d'un *microxip* de vidre recobert d'oligo-nucleòtids complementaris als adaptadors amb una disposició geomètrica. Una vegada fixats, s'amplifiquen enzimàticament mitjançant una estructura de pont per formar conjunts clonals (o *clusters*) de la seqüència primària i, així, augmentar la senyal de la reacció de seqüenciació. Finalment, la imatge presa a tot el *microxip* durant cada fase de síntesi permet la detecció de la incorporació, o no, d'un determinat nucleòtid a cada un dels milers de *clusters* del *xip* el qual s'enregistra a un ordinador per la seva anàlisi posterior. Pot consultar-se un vídeo a (<http://www.youtube.com/embed/HMyCqWhwB8E?iframe&rel=0&autoplay=1>).

Gràcies al desenvolupament de NGS i d'altres tecnologies relacionades s'ha pogut passar, en poc més d'unes dècades, de construir filogènies d'un sol gen i pocs individus a arbres formats a partir de milers de seqüències genòmiques de moltes espècies (Kawahara i Breinholt, 2014; Misof *et al.*, 2014; Pecon-Slattey, 2014; Wickett *et al.*, 2014; Zhouq *et al.*, 2014).

El primer pas de qualsevol anàlisi filogenètica és construir un alineament múltiple de les seqüències obtingudes per a diferents espècies amb l'objectiu d'optimitzar globalment el nombre d'identitats nucleotídiques i així establir una hipòtesi primària de l'homologia de les posicions nucleotídiques examinades (Pons i Vogler, 2006). Aquest procés és molt ràpid malgrat el nombre de seqüències analitzades sigui considerable. Però si el conjunt de dades

és molt gran, sobre tot d'espècies, llavors reconstruir la topologia representa un repte computacional. Els primers mètodes filogenètics es basaven en mètodes de distàncies genètiques, però avui en dia ja no s'empren perquè presenten varies limitacions metodològiques (Hillis *et al.*, 1996). Les anàlisis basades en el criteri de parsimònia foren el principal mètode de reconstrucció d'arbres filogenètics fins fa una dècada perquè el seu càlcul computacional era molt ràpid. Aquest mètode consta de múltiples iteracions de dues etapes. A la primera, a partir d'un primer arbre generat hi ha una poda d'un petit conjunt de branques (subarbre) que es recol·loca a un altre punt de l'arbre, i una segona, on es compten el nombre de canvis nucleotídics informatius (caràcters derivats compartits) a la topologia de l'arbre (Hillis *et al.*, 1996; Li, 1997). A cada iteració, la nova topologia reordenada és només acceptada i guardada en memòria si té un nombre menor de canvis o igual que l'anterior. Generalment, s'empren una aproximació heurística amb un nombre fixat d'iteracions que comencen des d'una topologia construïda a l'atzar per a evitar quedar atrapat en un solució subòptima de l'espai d'arbres ja que és impossible comprovar els bilions de topologies possibles (Hillis *et al.*, 1996). Recentment, l'augment de poder computacional ha permès implementar mètodes més complexos basats en criteris de màxima versemblança i baiesians. Aquests mètodes, a l'hora de realitzar l'anàlisi filogenètica, optimitzen cada tipus de substitució de forma independent així com la velocitat de canvi de cada posició nucleotídica o aminoacídica (Felsenstein, 2004). Breument, la màxima versemblança cerca aquells valors per als paràmetres del model evolutiu seleccionat que maximitzen la probabilitat de les seqüències observades, mentre que el mètode baiesià tracta els paràmetres com variables a l'atzar amb una distribució coneguda que s'afinen amb les dades observades (Felsenstein, 2004). A més, aquesta aproximació baiesiana permet l'avaluació de l'interval de confiança de cada un dels paràmetres del model evolutiu implementat, així com la comparació explícita de models amb un gran nombre de paràmetres.

Els arbres filogenètics, a més de resoldre les relacions evolutives entre tàxons, pot incloure un marc temporal que permeti valorar la congruència dels diferents canvis evolutius amb determinats esdeveniments geològics. Als anys 60, el treball de Zuckerkandl i Pauling (1962) introduí el terme rellotge molecular que suggeria que les mutacions del gens sota selecció neutra, per exemple els marcadors filogenètics, eren relativament constants al llarg del temps. No obstant això, estudis posteriors demostraren que aquesta constància era poc comuna i, per tant, es desenvoluparen mètodes de relaxació de rellotge molecular que permeten que la taxa de substitució nucleotídica variï a les diferents branques de l'arbre (Thorne *et al.*, 1998; Sanderson, 2002; Drummond *et al.*, 2006). El desenvolupament d'aquestes tècniques moleculars i aquests mètodes filogenètics entre d'altres, ha tengut un gran impacte en l'estudi de la biodiversitat tant a nivells taxonòmics com sistemàtics de gran llinatges evolutius o a nivell d'espècie, inclús d'aquelles extintes. Alguns d'aquests temes seran desenvolupats en les properes seccions.

## **Estudis de biodiversitat basats en el codi de barres de l'ADN**

A principis d'aquest segle XXI, el Professor Hebert proposà l'ús de la seqüència d'ADN de la regió 5' del gen mitocondrial citocrom oxidasa I (*cox1*) com identificador de cada

espècie perquè aquest conté mutacions diagnòstiques (Hebert *et al.*, 2003). Es va observar que aquesta especificitat entre morfologia i seqüència *cox1* a nivell d'espècie era similar a la que es podia trobar entre un producte d'un supermercat i el seu codi de barres, i per això, aquest mètode s'anomenà codi de barres d'ADN (*DNA barcoding*). Els avantatges d'aquesta nova aproximació a la identificació d'espècies, conjuntament amb la conscienciació de les problemàtiques de l'extinció accelerada de la biodiversitat i la crisi taxonòmica, provocaren que es creàs el Consorci del Codi de Barres de la Vida (CBOL, de l'anglès *Consortium for the Barcode of Life*) per promoure entre la comunitat científica l'ús del codi de barres d'ADN com a sistema de reconeixement i identificació ràpida de les espècies. Aquest consorci ha establert normes i protocols per poder assignar correctament la seqüència d'un nou espècimen a una espècie o identificar-la com a pertanyent a una espècie desconeguda comparant les agrupacions basades en taxonomia clàssica amb els clústers de seqüències de *cox1* definits mitjançant algorismes filogenètics (Hebert *et al.*, 2003). El gen elegit a animals fou el *cox1* però com aquest era ineficient a plantes es varen seleccionar els gens cloroplàstics subunitat llarga de la RuBisCo (*rbcL*) i maturase K (*matK*), i a fongs el gen nuclear espaiador transcriptor intern de l'ARN ribosomal (*ITS*). Estudis posteriors corroboraren els diversos avantatges dels codis de barres d'ADN: la universalitat i l'homologia de l'ADN, en contraposició a l'ambigüitat i exclusivitat la de la morfologia. La seva precisió taxonòmica incorpora informació sistemàtica, automatització i baix cost que faciliten la seva aplicació en contextos diversos (fins i tot per als no especialistes). A més, es caracteritza per la portabilitat, l'accés rutinari i immediat a la informació, i la utilitat en un ampli espectre filogenètic i taxonòmic dels organismes (Hebert *et al.*, 2003; Hajibabaei *et al.*, 2005). No obstant això, aquest mètode també mostra punts febles: establir el valor òptim de tall a nivell de divergències genètiques per delimitar espècies és problemàtic ja que la taxa de substitució nucleotídica és molt variable dins i entre llinatges, fins inclús ser insuficient per discriminar espècies estretament relacionades. També cal esmentar que els grups genètics basats en la història evolutiva d'un sol gen no poden inequívocament traduir-se en la història de les espècies, i finalment i més important, el coneixement taxonòmic construït en els últims tres segles a partir de Linneo no es pot incorporar al nou marc (Pons *et al.*, 2006; Rubinoff *et al.*, 2006).

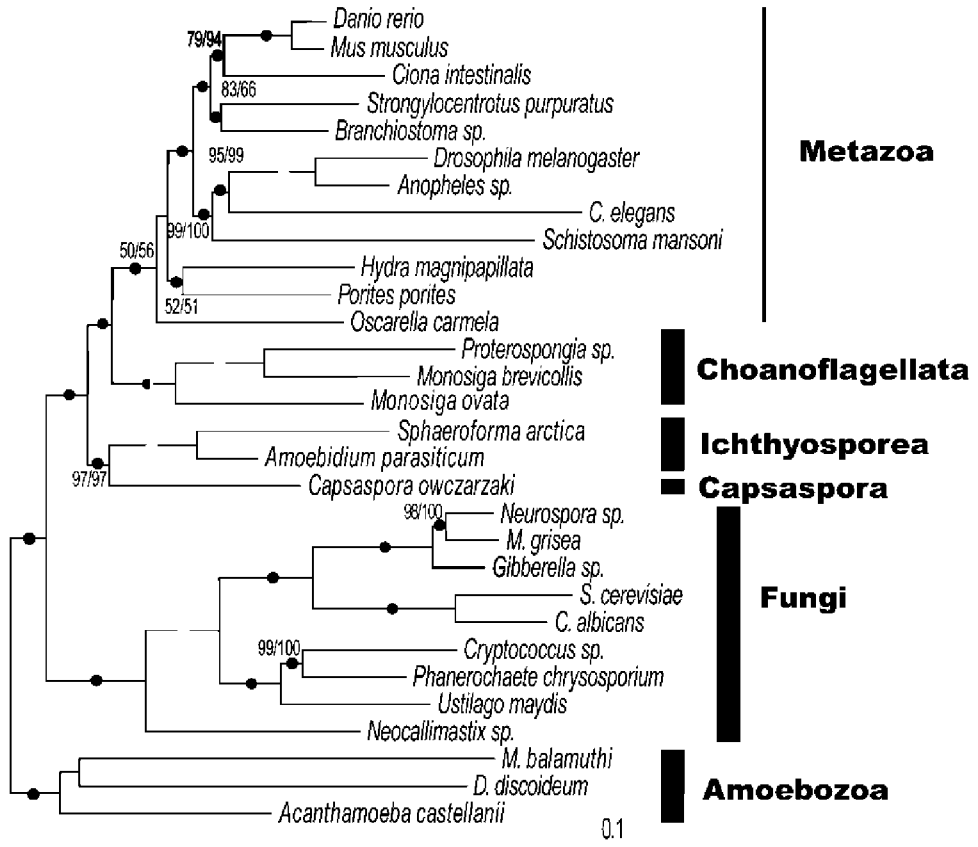
L'èxit inicial dels estudis basats en codis de barres a nivell local va fer que diverses institucions internacionals posassin en marxa projectes a gran escala que incloguessin la seqüenciació de milers de codis de barres de l'ADN per a estudiar grups taxonòmics complets o extenses regions geogràfiques: FISH-BOL (la totalitat d'espècies de peixos a escala global), ABB Iniciativa (aus), Plant DNA Barcode Project (plantes), Fungal Barcode (fongs), INBIPS (espècies invasives i paràsits), i BioCode Moorea (totes les espècies macroscòpiques de Moorea). El gener de 2015 al web <http://www.barcodinglife.org/> de la Universitat de Guelph hi havia depositats i a disposició pública 3.676.066 codis de barres que provenen en la seva majoria d'espècies col·lectades en zones desenvolupades com Europa, Nord-Amèrica i Austràlia. Per exemple, hi ha depositats els codis de barra de 29.992 aus de 192 països [4.778 espècies putatives (descrites + críptiques + desconegudes) de les que 4.080 estan identificades taxonòmicament], 61.846 mamífers de 164 països (3.224 / 2.108), 2.380.002 d'insectes de 216 països (80.392 / 260.676), 79.829 mol·luscs de 156 països (12.658 / 8.840), i 4.740 platihelminths de 85 països (568 / 670). Si analitzam aquestes dades podem concloure que a aus i a mamífers el nombre d'espècies putatives és

molt similar a les descrites, però en canvi el nombre de desconegudes i críptiques a mol·luscs i, sobretot a insectes, superen en gran quantitat a les descrites. Finalment, els resultats a platihelminths suggereixen un gran nombre d'errors a l'hora d'identificar les espècies morfològicament.

El codi de barres d'ADN també té altres aplicacions molt interessants com són l'anàlisi d'aliments processats o de restaurants per saber de quines espècies animals o vegetals estant fets i així evitar el frau (Lowenstein *et al.*, 2009; Di Pinto *et al.*, 2013; Vartak *et al.*, 2015), saber de quin tipus de plantes està feta la mel (Bruni *et al.*, 2015), inferir la dieta d'una espècie a partir del contingut estomacal o mostres fecals (Pons, 2006; Jurado-Rivera *et al.*, 2009; Ibanez *et al.*, 2013), identificar comerç il·legal d'espècies CITES (Liu *et al.*, 2013), detecció d'ous i larves de paràsits (Garipey *et al.*, 2014), o identificar a quines espècies piquen els hematòfags (Pettersson *et al.*, 2013). Finalment, l'aplicació dels avenços generats per les plataformes NGS al DNA barcoding permetran que es puguin estudiar comunitats completes en lloc d'individu per individu com es fa actualment i, particularment, a aquells de mida petita (McMahon *et al.*, 2014).

## Filogenòmica de Metazous

Un dels enigmes que més ha captivat a zoòlegs i biòlegs evolutius és quan i perquè apareix la multi-cel·lularitat i si aquest tret només ha esdevingut una vegada durant l'evolució o bé ho ha fet varies vegades de forma independent. Dos estudis recents han intentat resoldre aquesta pregunta mitjançant la transcriptòmica, és a dir, la seqüenciació de milers de gens que són expressats a un teixit o un individu (Dunn *et al.*, 2008; Ruiz-Trillo *et al.*, 2008). En aquests processos, els ARN missatgers es retro-transcriuen *in vitro* a ADN complementari, s'amplifiquen per PCR i finalment són seqüenciats pel mètode de Sanger, i més recentment per plataformes NGS. L'objectiu de l'estudi del Dr. Ruiz-Trillo era conèixer quin és el grup (o grups) eucariota unicel·lular germà dels metazous. Per analitzar-ho va seqüenciar 110 gens nuclears (63.000 pb, parells de bases) i 13 mitocondrials (7.800 pb) de 12 espècies de metazous de diversos grans grups com porífers, anèl·lids, insectes i vertebrats. Per les anàlisis filogenètiques s'empraren mètodes de màxima versemblança i baesians a nivell de proteïna per així evitar la saturació deguda a les substitucions nucleotídiques múltiples que va fer que el conjunt de dades es reduís a 21.000 aminoàcids pels gens nuclears i 2.600 pels mitocondrials (Fig. 1). A més, l'estudi va incloure quatre grups de protistes dels quals s'ha suggerit que poden estar estretament emparentats amb Metazoa (el coanoflagel·lat *Monosiga ovata*, els ictiosporis *Sphaeroforma arctica* i *Amoebidium parasiticum*, i l'ameba *Capsaspora owczarzaki*), i finalment dues espècies del grup Amoebozoa (*Acanthamoeba castellanii* i *Mastigamoeba balamuthi*) que és l'evolutivament més llunyà de tots els altres esmentats anteriorment. Els arbres filogenètics nuclear i mitocondrial resultaren congruents i varen indicar que el grup més proper als metazous són els coanoflagel·lats seguits després de *Capsaspora* i Ichthyosporia. Aquests resultats no varen resultar del tot sorprenents ja que aquests grups primitius unicel·lulars com *Capsaspora* tenen al seu genoma gens homòlegs al gen *membrane-associated guanylate kinase (MAGI)* els quals codifiquen per proteïnes que tenen una funció de comunicació entre cèl·lules i per tant amb la multi-cel·lularitat.



**Fig. 1.** Arbre filogenètic dels Opisthokonta basat en l'anàlisi baiesiana de 110 seqüències de proteïnes nuclears. Els punts negres en els nodes indiquen els valors de probabilitat posterior de 1.0, i els grisos si els valors de suport de *bootstrap* de màxima versemblança són de també del 100%. Modificat de Ruiz-Trillo *et al.* (2008).

**Fig. 1.** Phylogenetic tree of the Opisthokonta based the Bayesian analysis 110 nuclear proteins sequences. Black dots on nodes indicate posterior probability values of 1.0, and grey ones if maximum likelihood bootstrap analysis also yields 100% support. Modified from Ruiz-Trillo *et al.*, 2008.

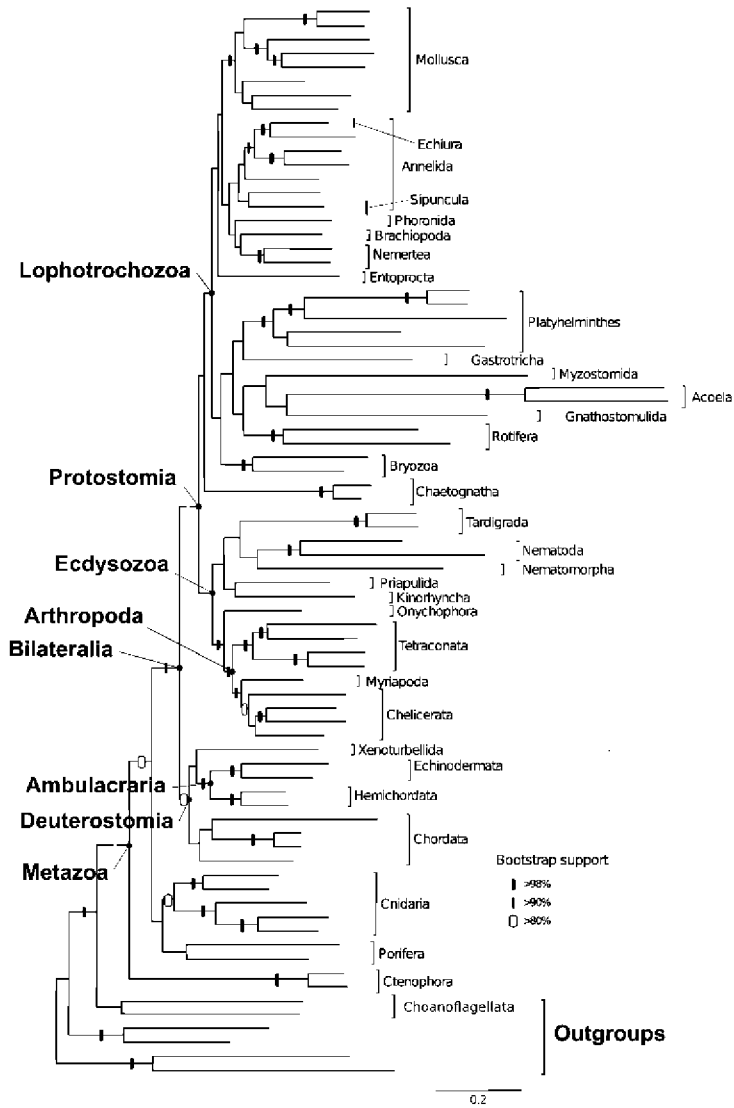
Per altra banda, el principal objectiu del segon estudi esmentat (Dunn *et al.*, 2008) va ser resoldre les relacions filogenètiques entre els principals llinatges taxonòmics i els plans corporals dels metazous (Fig. 2). El conjunt de dades d'aquest estudi va estar compost per 150 gens de 71 espècies de metazous juntament amb sis grups externs que s'aconseguien del transcriptoma de cada una d'elles. El projecte generarà en total 40.000.000 pb (40 Mb) de dades d'ADN. Els arbres filogenètics resultants corroboraren la posició de molts dels grups taxonòmics descrits en base a estudis morfològics, és a dir, varen ser monofilètics i amb alt suport, com per exemple Metazoa, Deuterostomia (Chordata, Hemichordata + Echinodermata) i Protostomia. Però, per una altra banda, dins aquest darrer grup sorgiren



agrupaments diferents als descrits prèviament per la sistemàtica clàssica, com per exemple el nou grup anomenat Ecdysozoa que es caracteritza pel tret comú de tenir el cos recobert per una cutícula. Un altre exemple és Lophotrochozoa, grup que està format per espècies que tenen lofòfor (conjunt de cilis en forma de ventall al voltant la boca) típic de Phoronida i Brachiopoda o presenten una forma larvària anomenada trocòfora (larva amb dues bandes de cilis enmig del cos) característica de Mollusca, Anelida, Echiura, Sipuncula i Nemertea. Aquests resultats també mostraren que els celomats i mandibulats no són monofilètics i, per tant, la seva sistemàtica i taxonomia s'havia de reescriure. Una altra troballa interessant va ser que el grup basal a Metazoa era Ctenofora i no Porifera i Cnidaria tal com era d'esperar, i que els coanoflagelats era el grup germà dels metazous corroborant així l'estudi del Dr. Ruiz-Trillo. Aquesta aproximació filogenòmica basada en la transcriptòmica també s'ha aplicat amb èxit per resoldre les relacions evolutives entre els insectes (Misof *et al.*, 2014), plantes terrestres (Wickett *et al.*, 2014), mamífers (Zhouq *et al.*, 2014), papallones i arnes (Kawahara i Breinholt, 2014), i primats (Pecon-Slattery, 2014).

## **Aproximació filogenòmica a la diversificació global de les aus**

Les aus han captivat des de sempre l'interès dels naturalistes perquè presenten trets inusuals i atractius com la capacitat de vol, la bellesa i coloració del seu plomatge, el seu cant harmoniós, la capacitat de llenguatge i el complex comportament de festeig, social i reproductor. Aquest grup d'animals s'ha estudiat àmpliament per part dels biòlegs per a intentar comprendre l'evolució, entre d'altres, de les característiques abans esmentades, però també per conèixer el seu patró de diversificació a través del temps i contrastar-lo amb el seu registre paleontològic (Brown *et al.*, 2008; Pacheco *et al.*, 2011). Per exemple, no està clar si la radiació de les Neoaves (el que serien els ocells moderns excepte els Paleognathae i Galloanseres) va ser gradual o explosiva (Pacheco *et al.*, 2011). Estudis previs havien fracassat en donar respostes clares a algunes d'aquestes preguntes bàsicament perquè les relacions filogenètiques no estaven completament resoltes i suportades degut a que les seqüències d'ADN obtingudes no eren suficientment informatives. Recentment, Jarvis *et al.* (2014) han abordat aquest problema mitjançant la seqüenciació dels genomes complets de 48 espècies d'aus que representen els principals llinatges taxonòmics. El primer pas fou seleccionar les seqüències homòlogues en cada genoma per a construir el conjunt final de dades que incloïa el 40% del proteoma (gens que codifiquen per proteïnes però que només representen un 3,5% de les seqüències d'una au), regions intròniques no codificants de 2.516 gens, i 3.756 elements d'ADN no codificant ultraconservats incloent 1.000 pb de seqüències flanquejants. El conjunt de dades total fou d'uns 42 milions de parells de bases d'ADN (42 Mb). La datació dels nodes de la filogènia d'aus va requerir la transformació del nombre de substitucions de nucleòtids a una estimació de milions d'anys. Per això, es restringí l'edat de 19 nodes de l'arbre filogenètic a l'edat de fòssils d'aus concrets com a valor mínim, i a més es va fixar l'edat per a alguns grups externs i una edat mínima per als ocells moderns (Neornithes) de 99,6 Milions d'anys [Ma]. Per a calcular aquesta anàlisi filogenètica s'empraren nou super-ordinadors durant unes setmanes ja que si s'hagués emprat un ordinador convencional, el temps de computació per acabar la tasca hagués estat de 400 anys. Els resultats suggereixen que Palaeognathae i Neognathae, que



**Fig. 2.** Arbre filogenètic de 71 espècies de metazous, incloent membres dels llinatges taxonòmics més importants, a més de 6 grups externs basats en l'anàlisi de màxima versemblança de 42 Mb de seqüències de proteïnes. Branques amb diferents símbols indiquen els valors de suport de *bootstrap* que van des de 80 a 100%. Modificat de Dunn *et al.* (2008).

**Fig. 2.** Phylogenetic tree of 71 metazoan species, including most important taxonomic lineages, plus 6 outgroups based on maximum likelihood analysis of 42 Mb of protein sequences. Branches with different symbols indicates bootstrap support values ranging from 80 to 100%. Modified from Dunn *et al.* (2008).

són els dos grans llinatges d'aus, es separaren en el Cretàc Tardà (fa uns 100 Ma) i que l'edat estimada de la divisió basal dels Passeriformes, els quals representen un 60% de les 10.400 espècies d'ocells, és del voltant de 39 Ma. Aquesta filogènia robusta ha permès estudiar, entre d'altres, l'aparició del tret del llenguatge a les aus i que aquest s'ha desenvolupat independentment diverses vegades durant la història evolutiva d'aquests vertebrats. També s'ha pogut demostrar que les aus de presa són polifilètiques ja que aquestes són basals als grups germans Australaves i Afroaves. Aquest estudi també ha demostrat que grups taxonòmics definits per un caràcter o comportament comuns en realitat no són monofilètics i que aquestes característiques haurien evolucionat independentment varies vegades i serien, per tant, casos de convergència evolutiva. Com exemples, es pot esmentar el tret de busseig per propulsió amb els peus que presenten espècies de cabussos (Podicipediformes, Columbea) i corbs marins (Suliformes, Passerea), o el tret de l'alimentació mentre es camina per zones d'aigües poc profundes que es pot observar a espècies de flamencs (Columbea) i a ibis i agrons (Passerea). Finalment, un dels resultats més interessants d'aquest estudi fou que la radiació de la majoria de les espècies actuals (Neoaves) fou explosiva i en només 10-15 milions d'anys coincidint amb la transició Cretàc-Paleogen (K-Pg). Aquest moment coincideix amb l'extinció del seu grup germà, els dinosaures, que provocà que molts de nínxols ecològics quedassin disponibles.

## Espècies extintes i l'ADN antic

Una altra de les disciplines de la genètica molecular que ha sofert un període d'expansió en els darrers 30 anys és, sense cap dubte, el de l'ADN antic, és a dir, l'anàlisi de seqüències d'ADN provinents de mostres d'espècies fòssils o sub-fòssils. El desenvolupament d'aquesta disciplina ha estat extraordinàriament ràpid, ja no tan sols pel que fa a les tècniques i mètodes de laboratori sinó també pel que fa als problemes que es volien abordar. Si inicialment la pregunta que es volia respondre era bàsicament si es podia obtenir ADN d'espècies extintes i veure quines eren les seves possibles relacions filogenètiques, la complexitat de les incògnites que es poden resoldre actualment s'ha incrementat de forma considerable: estudis poblacionals al llarg del temps, obtenció de genomes complets, etc.

Des de la recuperació als principis dels 80 d'ADN antic de quagga, un membre extingit de la família dels cavalls (Higuchi *et al.*, 1984), i l'obtenció d'ADN de restes humanes momificades (Pääbo, 1985), han estat molts els investigadors que han realitzat aportacions rellevants al camp de la genètica molecular fòssil. Després d'aquestes primeres troballes, la disciplina de l'ADN antic es va beneficiar del desenvolupament de les tècniques de PCR. Inicialment aquests treballs es centraren en l'obtenció de fragments d'ADN mitocondrial per a realitzar estudis filogenètics degut, bàsicament, a que l'ADN es degrada en fragments petits al llarg del temps i el nombre de mitocondries per cèl·lula eucariota és gran (hi ha entre 100 i 10.000 còpies de genomes mitocondrials, el qual es transmet per via materna sense recombinació). Aquest va ser el cas, entre d'altres, dels moas de Nova Zelanda (Cooper *et al.*, 1992) i els llops marsupials de Tasmània (Thomas *et al.*, 1989). S'ha d'esmentar aquí que durant aquests primers estudis ja es va poder constatar la importància potencial que podria tenir aquesta recerca en camps com la paleontologia, arqueologia,

antropologia o inclús en la conservació d'espècies. No cal dir que els inicis de la disciplina no varen ser immunes als problemes derivats d'una de les característiques que més dificulten i sense cap dubte marquen la validesa dels resultats en ADN antic, la contaminació per part d'ADN exogen. Així, treballs que asseguraven que es podia obtenir ADN de mostres extraordinàriament antigues, com provinents de dinosaures (Woodward *et al.*, 1994; An *et al.*, 1995; Li *et al.*, 1995), de restes de plantes miocèniques (Golenberg *et al.*, 1990; Soltis *et al.*, 1992) o dels famosos insectes englobats dins ambre (Cano *et al.*, 1993), han estat posteriorment posats en dubte i rebutjats (veure, per exemple, Hedges i Schweitzer, 1995; Zischler *et al.*, 1995; Ward *et al.*, 1997; Penney *et al.*, 2013). En aquest sentit s'ha anat avançant en l'elaboració de protocols cada vegada més estrictes pel que fa a mecanismes per evitar contaminacions i s'establiren pautes de control en els mètodes d'extracció tal com la repetició de treballs en dos o més laboratoris diferents per a garantir la veracitat i fiabilitat dels resultats obtinguts, etc (veure per exemple, Cooper i Poinar, 2000). A mesura que s'han anat realitzant estudis a partir de mostres antigues s'han anat trobant dificultats així com les seves possibles solucions. Cal destacar com exemples d'aquests problemes la fragmentació de l'ADN antic, i els nombrosos canvis de C a T i de G a A que s'observen en seqüències antigues quan es comparen amb seqüències actuals (fenomen produït per desaminació de la citosina). Curiosament aquestes característiques resulten actualment importants per a verificar que les seqüències obtingudes són efectivament antigues (e.g., Briggs *et al.*, 2007).

Així, tots els avanços, entre d'altres, en mètodes d'extracció, clonació, elaboració de biblioteques genètiques i enriquiments de mostres per hibridació amb sondes d'ARN ha permès, juntament amb el desenvolupament de les tècniques de seqüenciació massives (les abans esmentades plataformes NGS), obtenir primerament genomes mitocondrials complets de diverses espècies animals. Aquest és el cas de, per exemple, moas de Nova Zelanda (Cooper *et al.*, 2001; Haddrath i Baker, 2001), *Mammuthus primigenius* (Krause *et al.*, 2006; Rogaev *et al.*, 2006), *Ursus spelaeus* (Bon *et al.*, 2008; Krause *et al.*, 2008), *Coelodonta antiquitatis* (Willerslev *et al.*, 2009) o *Bos primigenius* (Edwards *et al.*, 2010).

Però si fa uns 10 anys resultava impensable la seqüenciació de genomes complets d'espècies o grups taxonòmics extingits, especialment pels que fa a la línia evolutiva humana, a l'actualitat s'han aconseguit una sèrie de resultats que fan pensar en un futur més que prometedor. Fa uns anys, el cost tant en temps com en recursos econòmics per a l'obtenció de genomes complets o gran part de genomes era extraordinari. A més, si tenim en compte que hi ha molt poques còpies de gens nuclears per cèl·lula, es necessitava una quantitat important de material que moltes vegades no està disponible en determinades mostres fòssils. Després d'extreure l'ADN de la mostra, s'havia d'amplificar mitjançant una sèrie de PCR i els amplicons obtinguts s'havien de clonar per via de vectors bacterians, i els centenars o milers de clons s'havien de seqüenciar individualment per via del mètode Sanger. Ja per l'any 2005, l'aparició de les PCR d'emulsió de forma que cada molècula d'ADN és amplificada dins d'una gota d'emulsió oli-aigua i la seqüenciació amb la plataforma 454 Life Sciences (posteriorment adquirida per la companyia Roche) la qual permetia centenars de mils de reaccions de seqüenciació en paral·lel va suposar una alternativa molt efectiva a la clonació. El posterior desenvolupament de plataformes de seqüenciació massiva com Solexa (més tard adquirida per Illumina), SOLiD, Helicos, IonTorrent i PacBio, entre d'altres, ha suposat un impuls important pel que fa a l'obtenció

de gran quantitat de dades en relativament poc temps i a un cost assequible. Degut a l'increment de models de seqüenciadors que cada companyia està desenvolupant i a que cada plataforma de seqüenciació necessita que la preparació de la mostra a ser seqüenciada sigui diferent, existeix abundant bibliografia sobre comparacions de quantitat de dades obtingudes, cost, longitud de lectures, etc (per citar-ne unes poques, Glenn, 2011; Quail *et al.*, 2012, encara que les informacions s'han d'actualitzar contínuament degut a la ràpida evolució d'aquestes plataformes).

Totes aquestes innovacions han fet que el que semblava gairebé impossible, ara es pugui dur a terme. Si com s'ha dit anteriorment, cap a principis-mitjans dels 2000 es comencen a obtenir genomes mitocondrials complets, i encara que prèviament s'havien obtingut fragments de genomes nuclears, Miller *et al.* (2008) obtenen aproximadament el 70% del genoma de mamut (*Mammuthus primigenius*) emprant pèls de dos exemplars, un d'ells d'uns 20.000 anys d'antiguitat. El tipus de material emprat en aquest estudi, pèls, té la particularitat de contenir una elevada proporció d'ADN endogen (Gilbert *et al.*, 2007; 2008). I és aquesta característica dels pèls, juntament amb el seu bon estat de conservació i la tecnologia del moment, la que va permetre seqüenciar el primer genoma complet d'un humà antic, concretament el d'un paleo-esquimal d'uns 4.000 anys trobat a Groenlàndia (Rasmussen *et al.*, 2010). Aquest treball va suposar un estímul important per a posteriors intents d'obtenir material de diferents grups humans, i posava de manifest la importància que podien tenir aquestes tècniques per a la reconstrucció de la història de les poblacions humanes. De fet, des del 2010 s'han anat obtenint genomes complets o quasi complets de diferents grups humans tals com aborígens australians a partir de pèls d'uns 100 anys d'antiguitat (Rasmussen *et al.*, 2011), o de restes humanes de diversos milers d'anys del continent americà (e.g., Raghavan *et al.*, 2013) i europeu (e.g., Keller *et al.*, 2012; Lazaridis *et al.*, 2014).

Respecte a espècies lligades a la línia evolutiva humana, s'ha d'esmentar que ja pels anys 2006-2007 s'havia obtingut una important quantitat d'informació genètica fiable sobre neandertals, *Homo neanderthalensis* (Green *et al.*, 2006; 2008), però l'any 2010 es va poder aconseguir un primer esborrany del genoma de l'espècie (Green *et al.*, 2010). Amb aquests estudis es demostrava que hi ha hagut un flux genètic de neandertals a l'espècie humana moderna, indicant hibridació antiga entre aquestes dues espècies, fet que s'està corroborant en estudis posteriors (e.g., Prüfer *et al.*, 2013). Així, aquest fet suposa que un 1-4% del genomes dels humans no africans deriva dels neandertals.

Però si l'escenari de la paleontologia humana s'està completant gràcies a l'estudi morfològic de noves restes excavades, la disciplina de l'ADN antic també ha proporcionat importants sorpreses. La seqüenciació d'unes poques restes d'ossos d'entre 30.000 i 50.000 anys (en concret una falange distal de la mà) procedents de la cova de Denisova a Sibèria va aportar una de les notícies més impactants dels darrers anys (Reich *et al.*, 2010; Meyer *et al.*, 2012). El material genètic obtingut era diferent al dels neandertals i al dels humans moderns i es tractava d'una espècie humana no reconeguda anteriorment.

Un dels factors que s'ha considerat important respecte a la conservació de l'ADN és la seva taxa de degradació post-mortem. Encara que existeixen diversos factors que poden afectar a aquesta taxa, estudis recents suggereixen que obtenir seqüències d'ADN més enllà del milió d'anys és altament improbable (Allentoft *et al.*, 2012). Aquell mateix any, moment en el que no existia cap evidència de que es pogués obtenir ADN de mostres d'uns

centenars de milers d'anys, es va obtenir informació genòmica d'un os polar d'uns 110.000-130.000 anys (Miller *et al.*, 2012), posteriorment, Orlando *et al.* (2013) obtenen el genoma de cavall a partir d'un metàpode trobat a permafrost d'una cronologia al voltant dels 700.000 anys, mentres que Dabney *et al.* (2013) obtenen tot el genoma mitocondrial d'*Ursus deningeri* del Pleistocè Mitjà (d'uns 300.000 anys) fora de permafrost, en concret del jaciment de la Sima de los Huesos a Atapuerca. Del mateix jaciment i amb la mateixa cronologia prové un hominin que comparteix algunes característiques morfològiques amb *Homo heidelbergensis*. Meyer *et al.* (2013) varen obtenir un genoma mitocondrial quasi complet d'aquestes restes i suggereixen que aquest hominin compartiria ancestre amb els humans a la cova de Denisova.

La gran majoria d'estudis en ADN antic s'han basat en l'obtenció de material genètic a partir de mostres d'ossos o dents de vertebrats i, en els pocs casos disponibles, en mostres de pèls. Però dos altres tipus de restes paleontològiques/arqueològiques poden aportar informació sobre paleodietes de tàxons extingits. Primer, cal dir que els copròlits (femtes fossilitzades) han estat emprats per a obtenir ADN dels elements que formaven part de la dieta d'una espècie extingida o inclús per a obtenir ADN de l'espècie diana (e.g., Poinar *et al.*, 1998; 2003; Hofreiter *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2009; Bon *et al.*, 2012; Clack *et al.*, 2012), però també permet la realització d'anàlisis ecològiques o sobre paràsits (e.g., Hofreiter *et al.*, 2003; Wood *et al.*, 2008, 2012, 2013a, 2013b). I segon, els recents estudis genètics de plaques dentals calcificades (també conegut com càlcul dental o tosca) de grups humans antics, estan revolucionant les anàlisis sobre canvis en dieta de poblacions humanes al llarg del temps emprant l'ADN bacterià conservat en aquesta estructura dental (veure la revisió de Weyrich *et al.*, 2014).

## Observacions finals

La major part dels avenços metodològics realitzats en biologia molecular durant les últimes dues dècades ha causat un profund impacte en disciplines afins, l'anomenada revolució de les "òmiques": la genòmica, transcriptòmica, la proteòmica, la metabolòmica, filogenòmica, etc. Una evolució similar està tenint lloc en els estudis sobre avaluació de la diversitat biològica, amb la capacitat de seqüenciar tots els genomes presents en una comunitat en particular, que, com s'ha esmentat anteriorment, és ara una tasca incipient en espècies de metazous, la metagenòmica.

## Agraïments

Donem les gràcies a Carlos Juan pels seus comentaris i suggeriments que han fet millorar la versió final d'aquest manuscrit. Aquest treball ha estat finançat pel pla Nacional del Govern Espanyol del Ministeri MCINN, projecte CGL2012-33597, parcialment finançat amb fons FEDER de la UE, i per una Marie Curie Internacional Outgoing Fellowship (PB) en el 7è Programa Marc de la Unió Europea (projecte MEDITADNA, PIOF-GA-2011-300854, FP7-PEOPLE).

## **Genetic and evolutionary tools for the description of biological diversity**

The increase in anthropogenic activity in the last two centuries has caused a drastic fragmentation of natural habitats and a decrease of species diversity, in particular in biodiversity hot spots such as the Amazon and Mediterranean basins (Kruess and Tscharntke, 1994; Myers *et al.*, 2000; Brooks *et al.*, 2006; Cardinale *et al.*, 2012). The pace of this destructive process has accelerated so much that many species will be extinct before they can be described as the number of taxonomists is decreasing as well, a process known as taxonomic crisis (Tautz *et al.*, 2003). This issue is pivotal in large systematic groups such as arthropods, in which the number of species known could be half of the estimated values (Odegaard, 2000), and also considering the population levels, since genetic diversities are critical for species fitness and speciation processes (Gugerli *et al.*, 2008).

Three decades ago, evolutionary and systematic studies at the DNA level were only performed in model organisms such as *Drosophila melanogaster*, *Caenorhabditis elegans* and *Mus musculus*. Two pioneering methods, however, revolutionized the field, allowing to carry out those surveys in virtually any eukaryotic lineage. The first method made feasible to decipher the sequence of a DNA strand by enzymatic synthesis and use of labeled terminator deoxyribonucleotides (Sanger *et al.*, 1977). The second methodology was the in vitro DNA amplification by Polymerase Chain Reaction (PCR) that uses oligonucleotides (primers), a thermostable DNA polymerase and several cycles composed of three temperature steps to exponentially amplify the number of copies of a particular DNA fragment (Mullis *et al.*, 1986). These technological advances have allowed the reconstruction of phylogenetic trees from DNA sequences, shedding light on the ancestor-descendant relationships from any taxonomic lineage, making possible to compare the retrieved relationships with those based on classical taxonomy and morphological characters (Li, 1997). Until recently, however, most phylogenies were built using a few DNA fragments due to the lack of many conserved ‘universal’ primers to amplify by PCR the same genes across species. Most ‘universal’ oligonucleotide primers available are located in the mitochondrial genome (Simon *et al.*, 1994) and in the nuclear ribosomal DNA cluster (Hillis and Dixon, 1991).

Next Generation Sequencing (NGS) methods, fueled by the need to make it cheaper to sequence human genomes, have been developing quickly in last decade leading to a second revolution in molecular phylogenetics. Although nowadays there are several NGS platforms (454, IonTorrent, Solexa and PacificBio), the most widespread sequencing method is the Illumina one due to the high quality and low cost of DNA reads (Quail *et al.*, 2012). For instance, a lane of Illumina HiSeq 2500 produces 330 million reads (sequences) of 150 bp for just € 3,000 in few days of laboratory work. This complex micro-scale method begins by randomly cutting the genome in short DNA fragments ranging from 50 to 300 bp, then adapters are ligated to their ends. Secondly, they are hybridized to a glass microchip coated with complementary oligonucleotide adapters arranged in a geometric pattern. Subsequently, they are enzymatically amplified by a bridge structure to build clusters of identical sequences and hence increasing the signal during the sequencing step. Finally, a snapshot of the entire microchip is captured during each cycle of DNA synthesis, allowing

the detection of light on the clusters that incorporated a particular nucleotide linked to a fluorochrome. The process is explained in detail in this video (<http://www.youtube.com/embed/HMyCqWhwB8E?iframe&rel=0&autoplay=1>). The NGS methods, among many other applications, have made possible an outstanding improvement in phylogenetic studies producing thousands of genomic sequences from many species (Kawahara *et al.*, 2014; Misof *et al.*, 2014; Pecon-Slattery 2014; Wickett *et al.*, 2014; Zhouq *et al.*, 2014).

The first step in any molecular phylogenetic analysis is to build a multiple alignment of the DNA sequences under study obtained from different species to globally optimize the number of nucleotide identities as an initial homology hypothesis of the nucleotide positions examined (Pons and Vogler, 2006). This process can be fast even if the number of sequences is considerable but the largest datasets can represent a computational challenge during the tree reconstruction step. The algorithms implemented for tree reconstruction were initially based on phenetic distance methods, although they were shown to present several methodological drawbacks making them rarely used nowadays (Hillis *et al.*, 1996). Until recently, most analyses were based on the parsimony criterion as computation algorithms are relatively fast and as is composed of two simple steps. Firstly, a small set of branches of the phylonetic tree (subtree) are pruned and rearranged in another branch of the tree and, then the number of informative nucleotide changes (shared derived characters) are counted on the obtained tree topology (Hillis *et al.*, 1996; Li, 1997). In each iteration, the rearranged topology is accepted and saved into memory only if the number of changes is lower or equal to a previously obtained topology to continue with a new cycle. Parsimony analyses implement an heuristic approach by setting a reasonable number of iterations that start from a random topology. This approach is implemented to avoid getting trapped in a suboptimal solution of the tree space as checking all the possible tree topologies is an unpractical or even, if a large number of sequences are examined, impossible task (Hillis *et al.*, 1996). More recently, the more sophisticated maximum likelihood and bayesian methods have increasingly replaced parsimony in phylogenetic analyses due to the increment of computing power and because they can treat each type of nucleotide substitution independently taking also into account the among-nucleotide site rate variation (Felsenstein, 2004). In short, the maximum likelihood criterion searches the values for the parameters of the evolutionary model that maximize the probability of the observed DNA sequences, while the bayesian method treats parameters as random variables with a prior distribution that are tuned with the observed data (Felsenstein, 2004). In addition, bayesian methods have the advantage that they allow for the evaluation of confidence intervals for each parameter of the evolutionary model implemented, and the statistical fit of different parameter-rich evolutionary models.

Phylogenetic relationships can of course also consider a a temporal framework that would let testing and assessing the congruence among evolutionary transitions and geological events. In the 60s, professors Zuckerkandl and Pauling (1962) introduced the term "molecular clock" showing that mutations on genes under neutral selection, e.g. phylogenetic markers, were relatively constant over evolutionary time allowing to estimate the time separation of two taxa from a common ancestor by counting the number of nucleotide changes across diverging lineages. However, ulterior studies showed that such change constancy is uncommon, so methods that allow a relaxation of the molecular clock



(implementing variation of rates across tree branches) have been developed (Thorne *et al.*, 1998; Sanderson, 2002; Drummond *et al.*, 2006). The improvement of molecular techniques and phylogenetic methods has impacted greatly the assessment of biodiversity at both recent and deep taxonomic and systematic levels, and even on extinct species. These topics are developed in the next sections.

## **Biodiversity assessment by DNA barcoding**

Earlier this century it was proposed the use of the DNA sequence of the region 5' end of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I gene (*cox1*) as an animal species identifier since it contains species-diagnostic nucleotide substitutions (Hebert *et al.*, 2003). The idea is that the species-specificity of the *cox1* sequence could be used to define each species as a particular barcode permits to identify each supermarket product. The success of this species identification based on DNA, together with the awareness of biodiversity and taxonomic crisis, triggered the initiation of the Consortium Barcode of Life (CBOL, English Consortium for the Barcode of Life) to promote between the scientific community the DNA barcoding as a system of recognition and rapid identification of species. This consortium has established protocols to assign accurately the sequence of a new specimen to a taxonomic species or identify it as new undescribed species by comparing morphological taxonomic groups with those clusters of *cox1* sequences outlined by phylogenetic algorithms (Hebert *et al.*, 2003). The gene chosen for animals was *cox1*, but for plants this sequence is inefficient, and instead the genes encoding for the large subunit of Rubisco (*rbcL*) and maturase K (*matK*) have been proposed for plants, while the internal transcriber spacers of nuclear ribosomal RNA (*ITS*) in fungi. Subsequent studies corroborated the many advantages of DNA barcodes: universality and homology of DNA sequences opposed to the, in many cases, ambiguity and lack of species-specificity of morphological characters. In addition, DNA barcodes can incorporate information at the systematic level, can be easily automated at a relatively low-cost in different contexts even for non-specialists, the information they provide is highly portable and of immediate access, and finally the methods can be useful in a wide range of phylogenetic and taxonomic levels (Hebert *et al.*, 2003; Hajibabaei *et al.*, 2005). However, DNA barcodes have also drawbacks: the set up an optimal cut-off value of genetic divergence to delimit species boundaries may be uncertain as the rate of nucleotide substitution is highly variable across lineages, the lack of genetic divergence may not allow to discriminate closely related species, genetic clusters defined based on the evolutionary history of a single gene can not unequivocally be extrapolated into species boundaries, and finally and most importantly, the taxonomic knowledge built since Linnaeus over the past three centuries can not be easily incorporated in the new framework (Pons *et al.*, 2006; Rubinoff *et al.*, 2006).

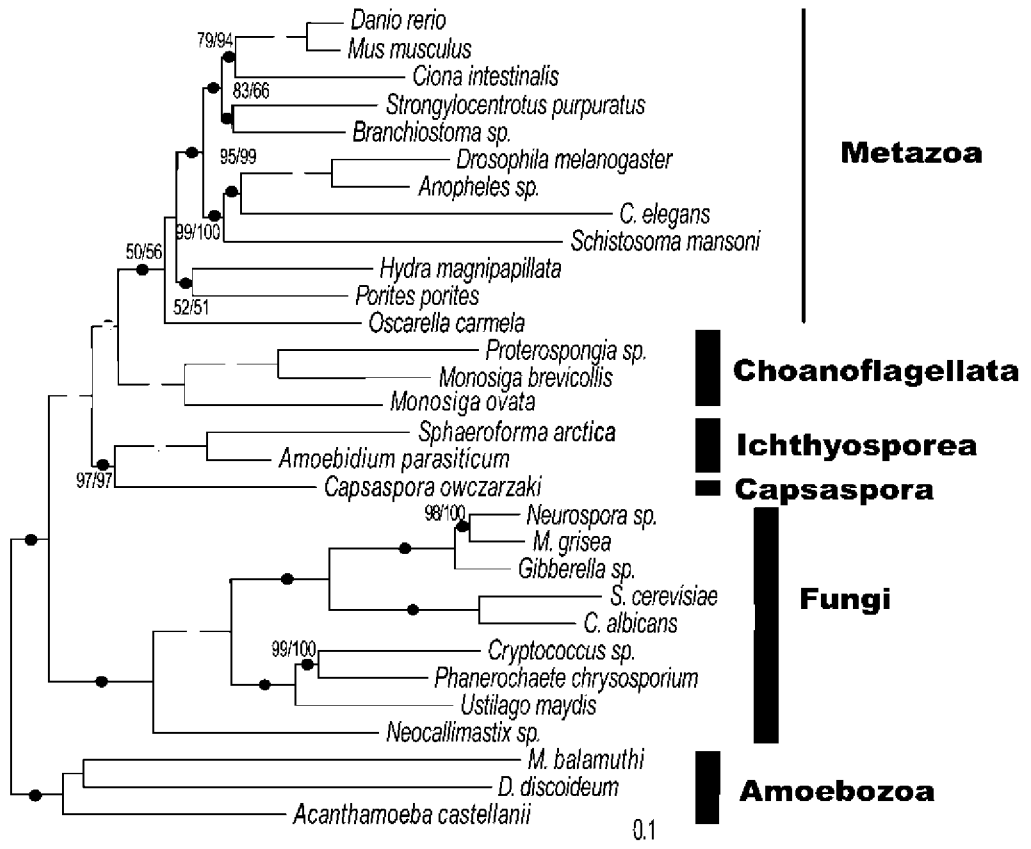
The initial success of many DNA barcoding projects made that several american and international institutions joined efforts to promote large-scale projects to obtain thousands of DNA barcode sequences from complete taxonomic groups or from particular geographic regions: FISH-BOL (all fish species on a global scale), ABB Initiative (birds), plant DNA Barcode Project, fungal Barcode, INBIPS (invasive species and parasites), and BioCode Moorea (all macroscopic species from Moorea). As is in January 2015, the website of the

University of Guelph (<http://www.barcodinglife.org/>) has publicly available 3676066 DNA barcodes mostly from specimens collected in developed countries (Europe, North America and Australia). For instance, there are deposited 29,992 DNA barcodes of birds from 192 countries that account for 4,778 genetic clusters or putative species with 4,080 taxonomically identified, 61,846 of mammals and from 164 countries (3,224 / 2,108), 2,380,002 of insects from 216 countries (80,392 / 260,676), 79,829 of molluscs from 156 countries (12,658 / 8,840), and 4,740 of flatworms from 85 countries (568 / 670). The analysis of this huge data suggest that most of the putative (described + cryptic + unknown) species delimited by DNA barcoding in birds and mammals were already described species by classical taxonomy, but on the other hand, that the DNA barcoding approach can identify previously unknown species, particularly in molluscs and clearly insects. In addition, the results in flatworms suggest the many cases of misidentification based on morphology.

DNA barcoding has been successfully applied to different fields such as detecting food fraud in processed or served food by determining the composition of animal and plant species (Lowenstein *et al.*, 2009; Di Pinto *et al.*, 2013; Vartak *et al.*, 2015), to ascertain the plant species used by bees to make honey (Bruni *et al.*, 2015), characterizing the diet from stomach contents and fecal samples of animal species (Pons, 2006; Jurado-Rivera *et al.*, 2009; Ibanez *et al.*, 2013), identifying illegal trade with CITES-listed species (Liu *et al.*, 2013), detection of parasite eggs and larvae (Garipey *et al.*, 2014), or finding out which species are bitten by hematophagous insects (Pettersson *et al.*, 2013). The application of current NGS technologies to DNA barcoding projects could led to scale studies from hundreds of specimens to millions of individuals from a complete community particularly those of very small size (McMahon *et al.*, 2014).

## Metazoan phylogenomics

The origin of multicellular organisms has captivated the attention of evolutionary biologists for many years. Two recent studies tried to solve the question of whether multicellularity appeared just once or evolved several times independently by using an approach termed transcriptomics (Dunn *et al.*, 2008; Ruiz-Trillo *et al.*, 2008). In transcriptomics, isolated messenger RNAs (representing genes that are being expressed in a particular tissue or individual) are converted to cDNAs by means of a reverse transcriptase, and later amplified by PCR. These cDNAs are finally sequenced by Sanger method, or nowadays, by NGS techniques. One of the studies focused on discover which extant unicellular eukaryotic taxon or taxa are sister to all Metazoa (Ruiz-Trillo *et al.*, 2008). To achieve that, the authors generated the sequences for 110 nuclear and 13 mitochondrial genes for 12 species including sponges, annelids, insects, and vertebrates with a total nuclear DNA sequences of 63,000 bp and 7,800 bp from mitochondrial genes. The phylogenetic analyses based on maximum likelihood and bayesian criteria were performed at the protein level to avoid saturation from multiple nucleotide substitutions, reducing the dataset to 21,000 nuclear genes aminoacids and 2,600 mitochondrial aminoacids (Fig. 1). This study also included four protistan taxa that are considered to be closely related to Metazoa (the choanoflagellate *Monosiga ovata*; the ichthyosporeans *Sphaeroforma arctica*



**Fig. 1.** Phylogenetic tree of the Opisthokonta based the Bayesian analysis 110 nuclear proteins sequences. Black dots on nodes indicate posterior probability values of 1.0, and grey ones if maximum likelihood bootstrap analysis also yields 100% support. Modified from Ruiz-Trillo *et al.*, 2008.

**Fig. 1.** Arbre filogenètic dels Opisthokonta basat en l'anàlisi baiesiana de 110 seqüències de proteïnes nuclears. Els punts negres en els nodes indiquen els valors de probabilitat posterior de 1.0, i els grisos si els valors de suport de bootstrap de màxima versemblança són de també del 100%. Modificat de Ruiz-Trillo et al. (2008).

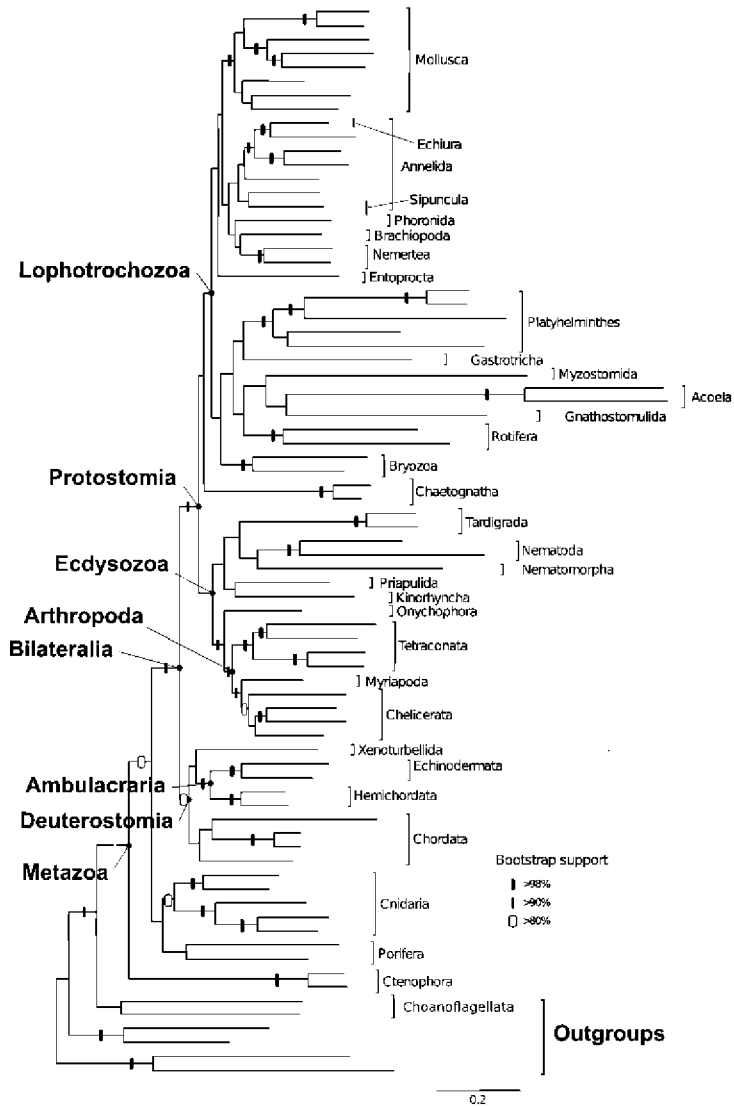
and *Amoebidium parasiticum* and the amoeba *Capsaspora owczarzaki*) and two distant Amoebozoa outgroups (*Acanthamoeba castellanii* and *Mastigamoeba balamuthi*). The nuclear and mitochondrial phylogenetic trees were congruent, indicating that the closest group to Metazoa are Choanoflagellates followed by Capsaspora and Ichthyosporea lineages. Interestingly, primitive unicellular groups such as Capsaspora already present in their genome genes homologous to the gene membrane-associated guanylate kinase (MAGI) coding for a protein that has an important role in cell communication.

The second study was focused to resolve the phylogenetic relationships among the major taxonomic lineages and body plans within Metazoa (Dunn *et al.*, 2008). The dataset

obtained in this research was composed of 150 aminoacid sequences from 71 metazoan taxa plus six outgroup species that were obtained by a transcriptomic approach as explained above (Fig. 2). This project generated nearly 40,000,000 bp (40 Mb) of DNA sequence data. The phylogenetic results fully corroborated the monophyly of several taxa previously defined by classical systematics such Metazoa, Deuterostomia (Chordata, Echinodermata + Hemichordata) and Protostomia. Nonetheless, the latter included new groups incongruent with classical systematics such as Ecdysozoa (Pancrustacea+Nematoda) which common feature is having the body covered by a cuticle, and Lophotrochozoa that comprises specimens with a characteristic feeding organ called lophophore with a ring of ciliated tentacles surrounding the mouth (Phoronida and Brachiopoda) or species with trochophore larvae showing two characteristic middle bands of cilia (Mollusca, Anelida, Echiura, Sipuncula and Nemertea). Other interesting findings were that Celomata and Mandibulata are not monophyletic and, therefore, their systematic classification should be revised, that Ctenophora is basal to all other metazoans instead of Cnidaria and Porifera, and finally that Choanoflagellata was the sister group to Metazoa thus corroborating Ruiz-Trillo *et al.* (2008) findings. Similar phylogenomic approaches based on transcriptomics have been implemented to resolve phylogenetic relationships and other evolutionary questions among insects (Misof *et al.*, 2014), land plants (Wickett *et al.*, 2014), mammals (Zhouq *et al.*, 2014), butterflies and moths (Kawahara and Breinholt, 2014) and primates (Pecon-Slattery, 2014).

## **A phylogenomic approach to the diversification of the global avian fauna**

Birds have always had the attention of naturalists due to their remarkable characteristics such flying capacity, vivid and complex plumage patterns, singing abilities, and intricate courtships plus complex reproductive and social behaviors. This animal group has been studied extensively by biologists, trying to shed light on the evolution of several traits but also to understand their diversification through time, contrasting the results with their paleontological record (Brown *et al.*, 2008; Pacheco *et al.*, 2011). For instance, it is not clear if radiation of neoavian birds (e.g., songbirds, parrots, pigeons, and others) was gradual or explosive (Pacheco *et al.*, 2011). Previous studies failed to give clear answers to some of these questions as molecular phylogenetic trees were not fully resolved and relationships supported as DNA sequence datasets were not enough informative. Jarvis *et al.* (2014) have recently tackled this problem by sequencing the complete genomes of 48 bird species representing the major taxonomic lineages. The first step was to select the homologous sequences on each genome to construct the final dataset that included 40% of the proteome (genes coding for proteins, although they represent about 3.5% of the total genomic DNA sequences of a bird), intronic (non-coding gene sequences) regions from 2,516 genes, and 3,756 non-coding ultraconserved DNA elements, including 1000 bp of flanking sequences. The total dataset comprised the staggering amount of about 42 millions base pairs of DNA sequences (42 Mb). Dating the nodes of the bird phylogeny required the transformation of the number of nucleotide substitutions to an estimation of millions of years by constraining the age of 19 nodes in the phylogenetic tree to the age of particular fossil birds as a minimum value, plus setting the age for some external groups and a



**Fig. 2.** Phylogenetic tree of 71 metazoan species, including most important taxonomic lineages, plus 6 outgroups based on maximum likelihood analysis of 42 Mb of protein sequences. Branches with different symbols indicates bootstrap support values ranging from 80 to 100%. Modified from Dunn *et al.*, 2008

**Fig. 2.** Arbre filogenètic de 71 espècies de metazous, incloent membres dels llinatges taxonòmics més importants, a més de 6 grups externs basats en l'anàlisi de màxima versemblança de 42 Mb de seqüències de proteïnes. Branques amb diferents símbols indiquen els valors de suport de bootstrap que van des de 80 a 100%. Modificat de Dunn *et al.* (2008).

minimum age for modern birds (Neornithes) to 99.6 Ma. This phylogenomic analysis comprised a so large dataset that required nine super-computers to get the job done in few weeks, with a computing time in an average PC equivalent to 400 years! The results suggest that the two major lineages of birds, Palaeognathae and Neognathae, split about 100 Ma in the Late Cretaceous, and Passeriformes, which represent 60% of the 10,400 avian species, radiated around 39 Ma. This robust phylogeny also allowed studying the evolution of some avian novel traits. For instance, language in birds evolved independently several times, and birds of prey are polyphyletic since they are basal to two independent radiations, Australaves and Afroaves. This study also showed that some taxonomic groups defined by shared characters or behaviors are actually not monophyletic, and therefore those features evolved several times and constitute evolutionary convergences. This include for example footpropelled diving trait of grebes (Columbea) and cormorants (Passerea), and wading-feeding trait of flamingos (Columbea), ibises and egrets (Passerea). Finally, one of the most interesting results of this study is that confirm that the radiation of most extant species (Neornaves) occurred explosively in 10 - 15 Ma coincident with the Cretaceous to Paleogene (K-Pg) transition, this is coeval with the extinction of their sister dinosaur group during the Tertiary that produced empty ecological niches.

## Extinct species and Ancient DNA

Molecular genetics has undergone a steady period of expansion in the last 30 years from which took advantage the ancient DNA, i.e. DNA sequences from fossil or sub-fossil samples. The development of this discipline has been extraordinarily fast, not only with regard to techniques and laboratory methods but also regarding the topics to be addressed. At the beginning, the primary goal was to recover DNA from extinct species to shed light on the phylogenetic relationships among extinct and extant species though the complexity of the questions that can be currently solved has increased considerably: population studies over time, whole genome sequencing, etc.

Since the initial recovery of ancient DNA in early 80's from a quagga, an extinct horse family (Higuchi *et al.*, 1984), and from mummified human remains (Pääbo, 1985), many researchers have published remarkable results on ancient molecular genetics. After these first studies, ancient DNA analysis took advantage of the advances of PCR techniques. Early studies focused on obtaining short mitochondrial DNA fragments for phylogenetic studies due to DNA molecules degrades in shorter fragments over time and because eukaryotic cells contain many mitochondria (there are between 100 and 10,000 copies of mitochondrial genomes, which have not recombination). Among others, the studies about the moas from New Zealand (Cooper *et al.*, 1992) and thylacine from Tasmania (Thomas *et al.*, 1989) are adroit examples. It is worth mentioning that first results already pinpointed the importance of these findings for other research fields such as paleontology, archeology, anthropology, or even for the species conservation. On the other hand, the early steps of this discipline were not immune to difficulties such as contamination by exogenous modern DNA which is the main source of error. Thus, studies that recovered DNA from extremely old samples such as dinosaurs bones (Woodward *et al.*, 1994; An *et al.*, 1995; Li *et al.*,

1995), Miocene plant remains (Golenberg *et al.*, 1990; Soltis *et al.*, 1992) or insects embedded in amber (Cano *et al.*, 1993) were subsequently questioned and rejected due to this issue (see, for example, Hedges and Schweitzer, 1995; Zischler *et al.*, 1995; Ward *et al.*, 1997; Penney *et al.*, 2013). In this regard, it has been a continuous progress in establishing strict protocols, mechanisms and control guidelines to prevent contamination in the extraction methods such as replication of the procedures in two or more independent laboratories to ensure the accuracy and reliability of results (e.g. Cooper and Poinar, 2000). In fact, most of the problems concomitant to ancient DNA have been understood during the development of new studies, e.g. DNA fragmentation and C to T and G to A misincorporations that are common in ancient sequences caused by cytosine deamination. Interestingly, these type of nucleotide transitions are now important to verify that the sequences obtained originate from genuine ancient DNA (eg, Briggs *et al.*, 2007). Thus, all methodological advances on DNA extraction, cloning, genetic library construction and enrichment by hybridization with RNA probes, along with the development of NGS platforms led to the attainment of complete mitochondrial genomes of several animal species as the New Zealand moas (Cooper *et al.*, 2001; Haddrath and Baker, 2001), the woolly mammoth *Mammuthus primigenius* (Krause *et al.*, 2006; Rogaev *et al.*, 2006), the cave bear *Ursus spelaeus* (Bon *et al.*, 2008; Krause *et al.*, 2008), the woolly rhinoceros *Coelodonta antiquitatis* (Willerslev *et al.*, 2009) or the European cow *Bos primigenius* (Edwards *et al.*, 2010).

About ten years ago it was unthinkable to sequence the complete genome of extinct species or taxonomic groups, especially from ancient human lineages, and the financial cost and manual handling required were surpassing. An important issue, among others, was that each experiment required a significant amount of starting material that was often unobtainable for most fossil samples. This was particularly disadvantageous in projects working on nuclear genes as most of them are in low copy numbers in the genome. To overcome this issue, targeted DNA has to be amplified by a series of PCRs, amplicons cloned using bacterial vectors, and then hundreds or thousands of clones sequenced individually by Sanger method. However, the development of the emulsion PCR and the sequencing platform 454 of Life Sciences (later acquired by Roche) in 2005 allowed to amplify each DNA molecule in an emulsion oil-water droplet and obtaining thousands of individual sequencing reactions in parallel that was a faster and more effective method than classical cloning. The ulterior development of other NGS such as Solexa (later acquired by Illumina), SOLiD, Helicos, IonTorrent and PacBio has been a major boost in terms of obtaining large amounts of sequence data in relatively short delivery time and affordable cost. The technology behind those sequencing platforms is so varied that each company requires a specific protocol of sample preparation before it can be sequenced. There is an abundant literature that compares amount of data delivered, read length, cost, etc (e.g., Glenn, 2011; Quail *et al.*, 2012) but this information have to be updated continuously due to the rapid evolution of these platforms.

All these innovations made feasible some projects that were impracticable few years ago. As mentioned above, some projects have already sequenced some nuclear fragments and even complete mitochondrial genomes in mid 2000's. But just few years later, Miller and colleagues made a step forward by sequencing approximately 70% of the genome of the woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) using hair from two specimens, one of

them about 20,000 years old (Miller *et al.*, 2008). The success of the project was partly due to that hair has the distinction of containing a high proportion of endogenous DNA (Gilbert *et al.*, 2007, 2008). This feature of hair, together with the good preservation of the sample and the NGS technology of the time, enabled to secure the first complete human genome from old remains, a paleo-Eskimo who lived in Greenland about 4,000 years ago (Rasmussen *et al.*, 2010). This work was an important impulse for posterior efforts to recover material from other human lineages, and also acknowledged that these molecular techniques could be crucial to reconstruct the history of human populations. In fact, complete or nearly complete genomes of different human groups have been reported since 2010 such as Aboriginal Australians from hair about 100 years old (Rasmussen *et al.*, 2011), or human remains several thousands of years old from the American (eg, Raghavan *et al.*, 2013), and European (e.g., Keller *et al.*, 2012; Lazaridis *et al.*, 2014) continents.

In 2006-2007, some projects working on lineages closely related to modern humans had already acquired a significant amount of reliable genetic information about Neanderthals, *Homo neanderthalensis* (Green *et al.*, 2006, 2008), but years later it was possible to get the first draft of the genome of a Neanderthal (Green *et al.*, 2010). These studies demonstrated that existed genetic flow between Neanderthals and modern humans, i.e. an ancient hybridization between these two species, that was corroborated elsewhere (e.g. Prüfer *et al.*, 2013). Thus, these results suggest that about of 1-4% of the genome of the current non-African human populations is derived from Neanderthals.

While the scenario of human paleontology is being accomplished thanks to new excavated remains, the discipline of ancient DNA has also provided astonishing findings. For instance, the sequencing of a few bone remains with a chronology between 30,000 and 50,000 years (in particular a hand distal phalanx) from the Denisova Cave in Siberia brought one of the most shocking news in recent years (Reich *et al.*, 2010; Meyer *et al.*, 2012). The genetic material obtained was different from sequences of Neanderthals and modern humans, i.e. there was a new human species previously unknown.

One of the important factors related to DNA preservation is its rate of postmortem degradation. Although there are several factors that can affect this rate, recent studies suggest that obtaining DNA sequences beyond one million years old is extremely unlikely (Allentoft *et al.*, 2012). However, few months later, this statement was challenged since one study obtained genomic sequences of a polar bear from about 110,000 to 130,000 years old (Miller *et al.*, 2012), and, later on, the genome of a horse from a metapod found in permafrost with a chronology of around 700,000 years (Orlando *et al.*, 2013). In addition, Dabney *et al.* (2013) recovered the entire mitochondrial genome of the bear *Ursus deningeri* from Middle Pleistocene (about 300,000 years ago) out of permafrost, specifically from the site of Sima de los Huesos in Atapuerca. From the same site and chronology come a hominin that shares some morphological characteristics with *Homo heidelbergensis*. Meyer *et al.* (2013) obtained an almost complete mitochondrial genome of this hominin and genetics analysis suggest that these remains share a common ancestor with humans from Denisova Cave.

The vast majority of ancient DNA studies have been based on genetic molecules isolated from vertebrate bones and teeth, except few cases using hair samples, but two other types of paleontological / archaeological remains can supply information about paleo-diet of extinct taxa. First of all, coprolites (fossilized feces) were used to isolate DNA from the



components of the diet of extinct species or even to obtain DNA from the specimen itself (e.g. Poinar *et al.*, 1998, 2003; Hofreiter *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2009; Bon *et al.*, 2012; Clack *et al.*, 2012), but also to carry out ecological studies or about parasite content (eg, Hofreiter *et al.*, 2003; Wood *et al.*, 2008, 2012, 2013, 2013b). Secondly, recent genetic studies of calcified dental plates (also known as dental calculus) of ancient human groups, are revolutionizing the analysis of changes in diet of human populations over time using bacterial DNA preserved in this dental structure (see review of Weyrich *et al.*, 2014).

## Final remarks

Most of the methodological advances made in molecular biology during the last two decades caused a deep impact in related disciplines, so-called the ‘omics’ revolution: genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, phylogenomics, etc. Similar evolution is taking place on studies about biological diversity assessment making able to sequence all genomes present in a particular community which, as mentioned above, is now an ongoing task on metazoan species, metagenomics.

## Acknowledgements

We thank Carlos Juan for this comments and suggestions which considerably improved the final version of the manuscript. This work was supported by Spanish MCINN grant CGL2012-33597 partially financed with EU FEDER funds, and by a Marie Curie International Outgoing Fellowship (PB) within the 7th European Community Framework Programme (project MEDITADNA, PIOF-GA-2011-300854, FP7-PEOPLE).

## References

- Allentoft, M.E., Collins, M., Harker, D., *et al.* 2012. The half-life of DNA in bone: measuring decay kinetics in 158 dated fossils. *Proc. R. Soc. B*, 279: 4724-4733.
- An, C.-C., Li, Y., Zhu, Y.-X., *et al.* 1995. Molecular cloning and sequencing of the 18S rDNA from specialized dinosaur egg fossil found in Xixia Henan, China. *Acta Sci. Nat. Univ. Pekinensis*, 31: 140-147.
- Bon, C., Caudy, N., de Dieuleveult, M., *et al.* 2008. Deciphering the complete mitochondrial genome and phylogeny of the extinct cave bear in the Paleolithic painted cave of Chauvet. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105: 17447-17452.
- Bon, C., Berthouaud, V., Maksud, F., *et al.* 2012. Coprolites as a source of information on the genome and diet of the cave hyena. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 279: 2825-2830.
- Briggs, A.W., Stenzel, U., Johnson, P.L.F., *et al.* 2007. Patterns of damage in genomic DNA sequences from a Neandertal. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104: 14616-14621.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., da Fonseca, G.A.B., *et al.* 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science*, 313: 58-61.
- Brown, J.W., Rest, J.S., García-Moreno, J., *et al.* 2008. Strong mitochondrial DNA support for a Cretaceous origin of modern avian lineages. *BMC Biol.*, 6: 6.

- Bruni, I., Galimberti, A., Caridi, L., *et al.* 2015. A DNA barcoding approach to identify plant species in multiflower honey. *Food. Chem.*, 170: 308-315.
- Campos, P.F., Willerslev, E., Mead, J.I., *et al.* 2009. Molecular identification of the extinct mountain goat, *Oreamnos harringtoni* (Bovidae). *Boreas*, 39: 18-23.
- Cano, R.J., Poinar, H.N., Pieniazek, N.J., *et al.* 1993. Amplification and sequencing of DNA from a 120-135 million-years-old weevil. *Nature* 363: 536-538.
- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., *et al.* 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486: 59-67.
- Clack, A.A., MacPhee, R.D.E. i Poinar, H.N. 2012. *Mylodon darwini* DNA sequences from ancient fecal hair shafts. *Annals of Anatomy*, 194: 26-30.
- Cooper, A. i Poinar, H.N. 2000. Ancient DNA: do it right or not at all. *Science*, 289: 1139.
- Cooper, A., Mourer-Chauviré, C., Chambers, G.K., *et al.* 1992. Independent origins of New Zealand moas and kiwis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89: 8741-8744.
- Cooper, A., Lalueza-Fox, C., Anderson, S., *et al.* 2001. Complete mitochondrial genome sequences of two extinct moas clarify ratite evolution. *Nature*, 409: 704-707.
- Dabney, J., Knapp, M., Glocke, I., *et al.* 2013. Complete mitochondrial genome structure of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultrashort DNA fragments. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 110: 15758-15763.
- Di Pinto, A., Di Pinto, P., Terio, V., *et al.* 2013. DNA barcoding for detecting market substitution in salted cod fillets and battered cod chunks. *Food. Chem.*, 141:1757-1762.
- Drummond, A.J., Ho, S.Y.W., Phillips, M.J., *et al.* 2006. Relaxed phylogenetics and dating with confidence. *PLoS Biol.*, 4: e88.
- Dunn, C.W., Hejnal, A., Matus, D.Q., *et al.* 2008 Broad phylogenomic sampling improves resolution of the animal tree of life. *Nature*, 452: 745-749.
- Edwards, C.J., Magee, D.A., Park, S.D., *et al.* 2010. A complete mitochondrial genome sequence from a mesolithic wild aurochs (*Bos primigenius*). *PLoS ONE*, 5: e9255.
- Felsenstein, J. 2004. *Inferring phylogenies*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland. 580 pp.
- Garipey, T.D., Haye, T. i Zhang, J. 2014. A molecular diagnostic tool for the preliminary assessment of host-parasitoid associations in biological control programmes for a new invasive pest. *Mol. Ecol.*, 23: 3912-3924.
- Gilbert, M.T.P., Tomsho, L.P., Rendulic, S., *et al.* 2007. Whole-genome shotgun sequencing of mitochondria from ancient hair shafts. *Science*, 317: 1927-1930.
- Gilbert, M.T.P., Drautz, D.I., Lesk, A.M., *et al.* 2008. Intraspecific phylogenetic analysis of Siberian woolly mammoths using complete mitochondrial genomes. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 105: 8327-8332.
- Glenn, T.C. 2011. Field guide to next-generation DNA sequencers. *Mol. Ecol. Res.*, 11: 759-769.
- Golenberg, E.M., Giannasi, D.E., Clegg, M.T., *et al.* 1990. Chloroplast DNA sequence from a Miocene *Magnolia* species. *Nature*, 344: 656-658.
- Green, R.E., Krause, J., Ptak, S.E., *et al.* 2006. Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. *Nature*, 444: 330-336.
- Green, R.E., Malaspina, A.-S., Krause, J., *et al.* 2008. A complete Neandertal mitochondrial genome sequence determined. *Cell*, 134: 416-426.
- Green, R.E., Krause, J., Briggs, A.W., *et al.* 2010. A draft sequence of the Neandertal genome. *Science*, 328: 710-722.
- Gugerli, F., Englisch, T., Niklfeld, H., *et al.* 2008. Relationships among levels of biodiversity and the relevance of intraspecific diversity in conservation – a project synopsis. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, 10: 259-281.
- Haddrath, O. i Baker, A.J. 2001. Complete mitochondrial DNA genome sequences of extinct birds: ratite phylogenetics and the vicariance biogeography hypothesis. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 268: 939-945.

- Hajibabaei, M., DeWaard, J.R., Ivanova, N.V., *et al.* 2005. Critical factors for assembling a high volume of DNA barcodes. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B*, 360: 1959-1967.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A. i Ball, S.L. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270: 313-321.
- Hedges, S.B. i Schweitzer, M.H. 1995. Detecting dinosaur DNA. *Science*, 268: 1191-1192.
- Higuchi, R., Bowman, B., Freiburger, M., *et al.* 1984. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. *Nature*, 312: 282-284.
- Hofreiter, M., Betancourt, J.L., Pelliza-Sbriller, A., *et al.* 2003. Phylogeny, diet, and habitat of an extinct ground sloth from Cuchillo Curá, Neuquén Province, southwest Argentina. *Quat. Res.*, 59: 364-378.
- Hillis, D.M. i Dixon, M.T. 1991. Ribosomal DNA: molecular evolution and phylogenetic inference. *Quat. Rev. Biol.*, 66.: 411-453.
- Hillis, D.M., Moritz, C. i Mable B.K. 1996. *Molecular Systematics*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland. 655 pp.
- Ibanez, S., Manneville, O., Miquel, C., *et al.* 2013. Plant functional traits reveal the relative contribution of habitat and food preferences to the diet of grasshoppers. *Oecologia*, 173: 1459-1470.
- Jarvis, E.D., Mirarab, S., Aberer, A.J., *et al.* 2014. Whole-genome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds. *Science*, 12: 1320-1331.
- Jurado-Rivera, J.A., Vogler, A.P., Reid, C.A.M., *et al.* 2009. DNA barcoding insect-host plant associations. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 276: 639-648.
- Kawahara, A.Y. i Breinholt, J.W. 2014. Phylogenomics provides strong evidence for relationships of butterflies and moths. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 281: 20140970.
- Keller, A., Graefen, A., Ball, M., *et al.* 2012. New insights into the Tyrolean Iceman's origin and phenotype as inferred by whole-genome sequencing. *Nat. Commun.*, 3: 698.
- Krause, J., Dear, P.H., Pollack, J.L., *et al.* 2006. Multiplex amplification of the mammoth mitochondrial genome and evolution of Elephantidae. *Nature*, 439: 724-727.
- Krause, J., Unger, T., Nocon, A., *et al.* 2008. Mitochondrial genomes reveal an explosive radiation of extinct and extant bears near the Miocene-Pliocene boundary. *BMC Evol. Biol.*, 8: 220.
- Kruess A. i Tschamtkke, T. 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science*, 264: 1581-1584.
- Lazaridis, I., Patterson, N., Mittnik, A., *et al.* 2014. Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans. *Nature*, 513: 409-413.
- Li, W.H. 1997. *Molecular Evolution*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland. 487 pp.
- Li, Y., An, C.-C., Zhu, Y.-X., *et al.* 1995. DNA isolation and sequence analysis of dinosaur DNA from Cretaceous dinosaur egg in Xixia Henan, China. *Acta Sci. Nat. Univ. Pekinensis*, 31: 148-152.
- Liu, S.-Y.V., Chan, C.-L.C., Lin, O., *et al.* 2013. DNA barcoding of shark meats identify species composition and CITES-listed species from the markets in Taiwan. *PLoS ONE*, 8: e79373.
- Lowenstein, J.H., Amato, G. i Kolokotronis, S. 2009. The real maccoyii: identifying tuna sushi with DNA barcodes - Contrasting characteristic attributes and genetic distances. *PLoS ONE*, 4: e7866.
- McMahon, B.J., Teeling, E.C. i Höglund, J. 2014. How and why should we implement genomics into conservation? *Evol. Appl.*, 7: 999-1007.
- Meyer, M., Kircher, M., Gansauge, M.-T., *et al.* 2012. A high-coverage genome sequence from an Archaic Denisovan individual. *Science*, 338: 222-226.
- Meyer, M., Fu, Q., Aximu-Petri, A., *et al.* 2013. A mitochondrial genome sequence of a hominin from Sima de los Huesos. *Nature*, 505: 403-406.
- Miller, W., Drautz, D.I., Ratan, A., *et al.* 2008. Sequencing the nuclear genome of the extinct woolly mammoth. *Nature*, 456: 387-390.

- Miller, W., Schuster, S.C., Welch, A.J., *et al.* 2012. Polar and brown bear genomes reveal ancient admixture and demographic footprints of past climate change. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 109: E2382-E2390.
- Misof, B., Liu, S., Meusemann, K., *et al.* 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science*, 346: 763-767.
- Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., *et al.* 1986. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.*, 51: 263-273.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., *et al.* 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities *Nature*, 403: 853-858.
- Odegaard, F. 2000. How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biol. J. Linn. Soc.*, 71: 583-597.
- Orlando, L., Ginolhac, A., Zhang, G., *et al.* 2013. Recalibrating *Equus* evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse. *Nature*, 499: 74-78.
- Pääbo, S. 1985. Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA. *Nature*, 314: 644-645.
- Pacheco, M.A., Battistuzzi, F.U., Lentino, M., *et al.* 2011. Evolution of modern birds revealed by mitogenomics: timing the radiation and origin of major orders. *Mol. Biol. Evol.*, 28: 1927-1942.
- Pecon-Slattery, J. 2014. Recent advances in primate phylogenomics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, 2: 41-63.
- Penney, D., Wadsworth, C., Fox, G., *et al.* 2013. Absence of ancient DNA in sub-fossil insect inclusions preserved in 'Anthropocene' Colombian Copal. *PLoS ONE*, 8: e73150.
- Pettersson, E., Bensch, S., Ander, M., *et al.* 2013. Molecular identification of bloodmeals and species composition in *Culicoides* biting midges. *Med. Vet. Entomol.*, 27: 104-112.
- Poinar, H.N., Hofreiter, M., Spaulding, W.G., *et al.* 1998. Molecular coproscopy: dung and diet of the extinct ground sloth *Nothrotheriops shastensis*. *Science*, 281: 402-406.
- Poinar, H.N., Kuch, M., McDonald, G., *et al.* 2003. Nuclear gene sequences from a Late Pleistocene sloth coprolite. *Curr. Biol.*, 13: 1150-1152.
- Pons, J. 2006. DNA-based analysis for identifying preys from total DNA extracted from whole predators specimens using non-destructive methods, and arthropod 'universal' primers. *Mol. Ecol. Notes*, 6: 623-626.
- Pons, J. i Vogler, A.P. 2006 Size, frequency, and phylogenetic signal of multiple-residue indels in sequence alignment of introns. *Cladistics*, 22: 144-156.
- Pons, J., Barraclough T.G., Gómez-Zurita, J., *et al.* 2006. Sequence-based species delimitation for the DNA taxonomy of undescribed insects. *Syst. Biol.*, 55: 595-609.
- Prüfer, K., Racimo, F., Patterson, N., *et al.* 2013. The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains. *Nature*, 505: 43-49.
- Quail, M.A., Smith, M., Coupland, P., *et al.* 2012. A tale of three next generation sequencing platforms: comparison of Ion Torrent, Pacific Biosciences and Illumina MiSeq sequencers. *BMC Genomics*, 13: 341.
- Raghavan, M., Skoglund, P., Graf, K.E., *et al.* 2013. Upper Palaeolithic Siberian genome reveals dual ancestry of Native Americans. *Nature*, 505: 87-91.
- Rasmussen, M., Li, Y., Lindgreen, S., *et al.* 2010. Ancient human genome sequence of an extinct Palaeo-Eskimo. *Nature*, 463: 757-762.
- Rasmussen, M., Guo, X., Wang, Y., *et al.* 2011. An Aboriginal Australian genome reveals separate human dispersal into Asia. *Science*, 334: 94-98.
- Reich, D., Green, R.E., Kircher, M., *et al.* 2010. Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia. *Nature*, 468: 1053-1060.
- Rogaev, E.I., Moliaka, Y.K., Malyarchuk, B.A., *et al.* 2006. Complete mitochondrial genome and phylogeny of Pleistocene mammoth *Mammuthus primigenius*. *PLoS Biol.*, 4: e73.
- Rubinoff, D., Cameron, S. i Will, K. 2006. A genomic perspective on the shortcomings of mitochondrial DNA for "barcoding" identification. *J. Hered.*, 97: 581-594.

- Ruiz-Trillo, I., Roger, A.J., Burger, G., *et al.* 2008. A phylogenomic investigation into the origin of metazoa. *Mol. Biol. Evol.*, 25: 664-672.
- Sanderson, M.J. 2002. Estimating absolute rates of molecular evolution and divergence times: A penalized likelihood approach. *Mol. Biol. Evol.*, 19: 101-109.
- Sanger, F., Nicklen, S. i Coulson, A.R. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 74: 5463-5467.
- Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., *et al.* 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 87: 651-701.
- Soltis, P.S., Soltis, D.E. i Smiley, C.J. 1992. An *rbcL* sequence from a Miocene *Taxodium* (bald cypress). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89: 449-451.
- Tautz, D., Arctander, P., Minelli, A., *et al.* 2003. A plea for DNA taxonomy. *Trends Ecol. Evol.*, 182: 70-74.
- Thomas, R.H., Schaffner, W. i Wilson, A.C. 1989. DNA phylogeny of the extinct marsupial wolf. *Nature*, 340: 465-467.
- Thorne, J.L., Kishino, H. i Painter, I.S. 1998. Estimating the rate of evolution of the rate of molecular evolution. *Mol. Biol. Evol.*, 15: 1647-1657.
- Vartak, V.R., Narasimmalu, R., Annam, P.K., *et al.* 2015. DNA barcoding detected improper labelling and supersession of crab food served by restaurants in India. *J. Sci. Food Agric.*, 95: 359-366.
- Ward, H.-L., Yan, Z.-Y. i Jin, D.-Y. 1997. Reanalysis of published DNA sequence amplified from Cretaceous dinosaur egg fossil. *Mol. Biol. Evol.*, 14: 589-591.
- Weyrich, L.S., Dobney, K. i Cooper, A. 2014. Ancient DNA analysis of dental calculus. *J. Hum. Evol.*, 79: 119-124.
- Wickett, N.J., Mirarab, S., Nguyen, N., *et al.* 2014. Phylotranscriptomic analysis of the origin and early diversification of land plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111: E4859-E4868.
- Willerslev, E., Gilbert, M.T.P., Binladen, J., *et al.* 2009. Analysis of complete mitochondrial genomes from extinct and extant rhinoceroses reveals lack of phylogenetic resolution. *BMC Evol. Biol.*, 9: 95.
- Wood, J.R., Rawlence, N.J., Rogers, G.M., *et al.* 2008. Coprolite deposits reveal the diet and ecology of the extinct New Zealand megaherbivore moa (Aves, Dinornithiformes). *Quat. Sci. Rev.*, 27: 2593-2602.
- Wood, J.R., Wilmshurst, J.M., Wagstaff, S.J., *et al.* 2012. High resolution coproecology: using coprolites to reconstruct the habits and habitats of New Zealand's extinct upland moa (*Megalapteryx didimus*). *PLoS ONE*, 7: e40025.
- Wood, J.R., Wilmshurst, J.M., Rawlence, N.J., *et al.* 2013a. A megafauna's microfauna: gastrointestinal parasites of New Zealand's extinct moa (Aves: Dinornithiformes). *PLoS ONE*, 8: e57315.
- Wood, J.R., Wilmshurst, J.M., Richardson, S.J., *et al.* 2013b. Resolving lost herbivore community structure using coprolites of four sympatric moa species (Aves: Dinornithiformes). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 110: 16910-16915.
- Woodward, S.R., Weyand, N.J. i Bunnell, M. 1994. DNA sequence from Cretaceous period bone fragments. *Science*, 266: 1229-1232.
- Zhouq, X., Sun, F., Xu, S., *et al.* 2014. The position of tree shrews in the mammalian tree: comparing multi-gene analyses with phylogenomic results leaves monophyly of Euarchonta doubtful. *Int. Zool.*: doi:10.1111/1749-4877.12116
- Zischler, H., Höss, M., Handt, O., *et al.* 1995. Detecting dinosaur DNA. *Science*, 268: 1192-1193.
- Zuckerlandl, E. i Pauling, L.B. 1962. Molecular disease, evolution, and genic heterogeneity. In: Kasha, M. i Pullman, B. (eds). *Horizons in Biochemistry*. Academic Press, New York. 189-225.



# *Periacanthus tetracornis* (Crustacea, Decapoda), nueva especie del Eoceno inferior de Huesca (Aragón, España)

Fernando Ari FERRATGES, Gregorio ORTEGA, Manuel FERNÁNDEZ,  
Eduvigis MORENO y Lluís M. MAZA

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Ferratges, F.A., Ortega, G., Fernández, M., Moreno, E. y Maza, L.M. 2014. *Periacanthus tetracornis* (Crustacea, Decapoda), nueva especie del Eoceno inferior de Huesca (Aragón, España). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 37-54. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Se describe una nueva especie del género *Periacanthus* Bittner, 1875 (Crustacea, Decapoda), dentro de los sedimentos de talud siliciclástico del Cuisiense medio (Eoceno) de Huesca (Aragón, España), que amplía a cinco los taxones del género *Periacanthus*. La nueva especie se diferencia de las otras especies incluidas en el género por la posesión de dos expansiones muy desarrolladas en forma de astas en cada lado de sus bordes laterales.

**Palabras clave:** *Crustacea, Decapoda, Eoceno, Cuisiense, Atiart, Aragón.*

*Periacanthus tetracornis* (CRUSTACEA, DECAPODA), NOVA ESPÈCIE DE L'EOCÈ INFERIOR D'OSCA (ARAGÓ, ESPANYA). Es descriu una nova espècie del gènere *Periacanthus* Bittner, 1875 (Crustacea, Decapoda), dins dels sediments de talús siliciclàstic del Cuiassià mitjà (Eocè) d'Osca (Aragó, Espanya), que amplia a cinc els tàxons del gènere *Periacanthus*. La nova espècie es diferencia de les altres espècies incloses en el gènere per la possessió de dues expansions molt desenvolupades en forma de banyes a les seves vores laterals.

**Paraules clau:** *Crustacea, Decapoda, Eocè, Cuiassià, Atiart, Aragó.*

*Periacanthus tetracornis* (CRUSTACEA, DECAPODA), NEW SPECIES FROM THE LOWER EOCENE OF HUESCA (ARAGÓN, SPAIN). A new species of the genus *Periacanthus* Bittner, 1875 (Crustacea, Decapoda) is described within siliciclastic sediments of the slope of the middle Cuisian (Eocene) of Huesca (Aragón, Spain), which increase the genus to five taxa *Periacanthus*. The new species differs from other species in the genus by the possession of two expansions as well developed antlers on its side edges.

**Key words:** *Crustacea, Decapoda, Eocene, Cuisian, Atiart, Aragón.*

Fernando Ari FERRATGES, Calle Montseny, 11-13 -08756 La Palma de Cervelló. (nautilo\_fer\_1987@hotmail.com); Gregorio ORTEGA, Calle Felip II, 57, 3<sup>a</sup> - 08788 Vilanova del Camí. (harpacto@hotmail.com); Manuel FERNÁNDEZ, Calle del Parlament 7, 08710 Sta. Margarida de Montbui (tolocranc@hotmail.com); Eduvigis MORENO Crta/ Santpedor 17, 08240 Manresa (emorenosoler@yahoo.es); Lluís M. MAZA Crta/ Santpedor 17, 08240 Manresa (lluismaza@yahoo.es).

Recepció del manuscrit: 3-feb-14; revisió acceptada: 9-jun-14.

## Introducción

A unos 800 m al oeste de la localidad de Atiart, perteneciente al municipio de La Fueva, en la comarca del Sobrarbe (provincia de Huesca), se localizan una serie de barrancos en dirección Norte-Sur, que ponen al descubierto unos niveles compuestos por lutitas y margas pertenecientes a la Formación Castigaleu, acumuladas en ambientes deltaicos distales durante el Eoceno inferior (Barnolas *et al.*, 1991; Muñoz *et al.*, 1994; Barnolas y Gil-Peña, 2001; Payros *et al.*, 2009).

En dos de estos niveles, entre el Barranco de la Sorda y el Barranco de Fosado, se localizan unas interesantes agrupaciones carcinológicas. Con *Ctenocheles* sp., y representantes de las superfamilias Carpiloidea Ortmann, 1893 (*Xanthopsis dufouri* A. Milne Edwards, 1865 como especie predominante), Raninoidea de Haan, 1839, Xhantoidea Mcleay, 1838, Portunoidea Rafinesque, 1815 y entre los Majoidea Samouelle, 1819, este nuevo miembro del género *Periacanthus* Bittner, 1875. Como fauna asociada se encuentran esponjas del género *Craticularia* Zittel, 1877; los bivalvos se encuentran representados por *Vulsella* sp., *Ostrea* sp., *Discors* sp., *Spondylus hispanicus* Doncieux, 1911, *Spondylus* sp., *Pholadomya* Sowerby, 1823; entre los gasterópodos cabe destacar *Pleurotomaria* sp. y entre los cefalópodos *Nautilus* sp.; también están presentes equinodermos del género *Linthia* Desor, 1853; y entre los vertebrados cabe destacar *Myliobatis* sp. y algunos restos de Quelonios.

De las cuatro especies descritas hasta el momento del género *Periacanthus*, todas extintas en la actualidad, una ha sido descrita en el Eoceno inferior de Huesca. Se trata de *Periacanthus ramosus* Artal y Castillo 2005, descrito en dos niveles

carbonatados de la Formación Roda, (Cuevas-Gozalo *et al.*, 1985), pertenecientes al Ilerdiense superior-Cuisiense inferior de las cercanías de la localidad de Bacamorta. La nueva especie ahora descrita representa la segunda especie de este género localizada en los niveles del Eoceno inferior de Huesca, con una edad de Cuisiense medio.

## Enquadramiento geológico

El acercamiento y colisión orogénica continental oblicua entre las placas Ibérica y Europea que dio lugar a los Pirineos, tuvo lugar desde el Santoniense superior (Cretácico superior) hasta el Mioceno inferior, (Puigdefabregas y Souquet, 1986; Barnolas y Gil-Peña, 2001). Como consecuencia se generó un orógeno de doble vergencia, con una cuenca de antepaís en cada vertiente, conectándose estas entre sí por el oeste, (Plaziat, 1981). En los Pirineos centrales, la inversión tectónica ocurrida desde el Cuisiense inferior al Bartonense (Eoceno inferior-medio) dio lugar al emplazamiento de la Unidad Surpirenaica Central y la consiguiente compartimentación de la cuenca sedimentaria en tres subcuencas, con características estructurales y de relleno sedimentario propias. Se conocen con el nombre de Cuenca Surpirenaica Oriental, Cuenca de Tremp-Graus y Cuenca de Jaca-Pamplona, las dos últimas presentan continuidad de afloramientos y una transición sedimentaria entre ambas, motivo por el cual se las denomina en conjunto Cuenca Surpirenaica Central (Barnolas *et al.*, 2004).

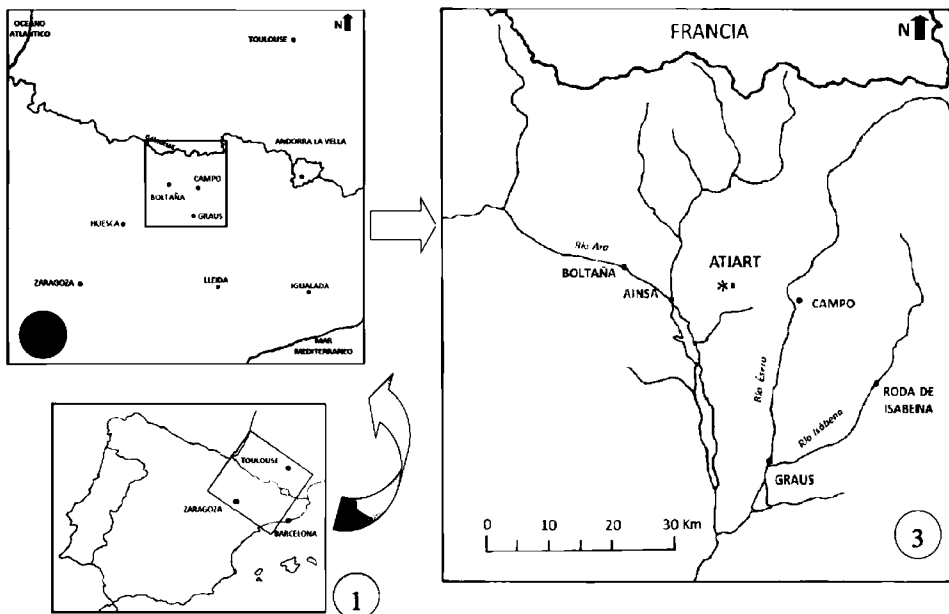
Existen tres grandes secuencias estratigráficas en la cuenca de Tremp-Graus (Nijman i Nio, 1975; Fomesu, 1984; Barnolas *et al.*, 1991; Serra-Kiel *et al.*, 1994; 1998; Nijman 1998; Barnolas y Gil-



Peña 2001), que se inician en la base del Ilerdiense (Eoceno inferior). La secuencia estratigráfica de Montanyana se extiende desde el Cuisiense medio (Eoceno inferior) hasta la base del Luteciense medio (Eoceno medio) y representa un cambio importante en el modelo sedimentario de la cuenca, con la generación de una sedimentación casi exclusivamente siliciclástica, caracterizada por unos sistemas fluvio-deltaicos desarrollados según el eje de la cuenca, en dirección SE a NO, con las Formaciones Montllobat-Castigaleu, Castisent, Perarrua y Capella, que se interdigitaban con abanicos aluviales y deltaicos procedentes del borde orogénico, con las secuencias de conglomerados y areniscas de San Esteban, Campanue y Santa Liestra, (Van Eden,

1970; Nijman y Nió, 1975). Este cambio de régimen sedimentario fue consecuencia del inicio del desplazamiento hacia el sur de la subcuenca de Tremp-Graus sobre la lámina cabalgante de la Unidad Surpirenaica Central, actuando como una subcuenca despegada o en piggyback (Seguret, 1972; Atkinson, 1986; Barnolas y Gil-Peña, 2001; Serra-Kiel *et al.*, 1994).

En la secuencia estratigráfica de Montanyana se reconocen 4 secuencias transgresivas-regresivas mayores, marcadas por la progradación de los sistemas fluvio-deltaicos hacia el talud siliciclástico. Estos sistemas progradacionales enlazan con taludes progradacionales, mientras que las bases transgresivas enlazan con truncaciones erosivas (Atiart, Charo, Besians



**Fig. 1.** Localización del yacimiento. 1- Mapa general de España. 2- Mapa general de la zona pirenaica con la localización de la zona de estudio. 3- Mapa mostrando la ubicación del yacimiento.

**Fig. 1.** Location of the site. 1 - General map of Spain. 2 - Map of the Pyrenees showing the location of the area in study. 3 - Map showing the location of the site

y Formigales) que se desarrollan a partir del Cuisiense medio (Barnolas *et al.*, 2004).

Durante el Eoceno, el tramo aquí estudiado se encontraba al oeste de la Cuenca fluvio-deltaica de Tremp-Graus, en la zona de talud siliciclastico de Ainsa (área de Lanata según Payros *et al.*, 2009), a través de la cual se alimentaban los sistemas turbidíticos de la vecina cuenca de Jaca-Pamplona (Nijman y Nio, 1975; Mutti *et al.*, 1985,1992; Barnolas *et al.*, 1991).

La sucesión del tramo estudiado se ve afectada por dos grandes superficies de truncación (Atiart y Charo), profundamente marcadas en los depósitos deltaicos distales y rellenadas por sedimentos de flujos gravitacionales y margas hemipelágicas que justifican su interpretación como cañones de talud mayores, de varios cientos de metros de profundidad y kilómetros de ancho.

El cañón de Atiart corta depósitos deltaicos distales del sistema deposicional de la Formación Castigaleu (perteneciente a la secuencia estratigráfica de Montanyana), formados por lutitas, margas y margocalizas del Cuisiense medio. El cañón se encuentra rellenado por las turbiditas de Fosado, pertenecientes a la Formación San Vicente que marcan el inicio de la zona de tránsito entre el Ypresiense y el Luteciense (Payros *et al.*, 2009). En dos niveles de la Formación Castigaleu, situadas entre el barranco de la Sorda y el barranco de Fosado, se localizan los dos yacimientos de *Periacanthus tetracornis* n.sp. (Fig. 2)

### La sección entre el Barranco de Fosado y el Barranco de la Sorda

La sección entre el Barranco de Fosado y el Barranco de la Sorda (Fig. 3) está situada a unos 800 m al oeste de la localidad de Atiart. Formada por alter-

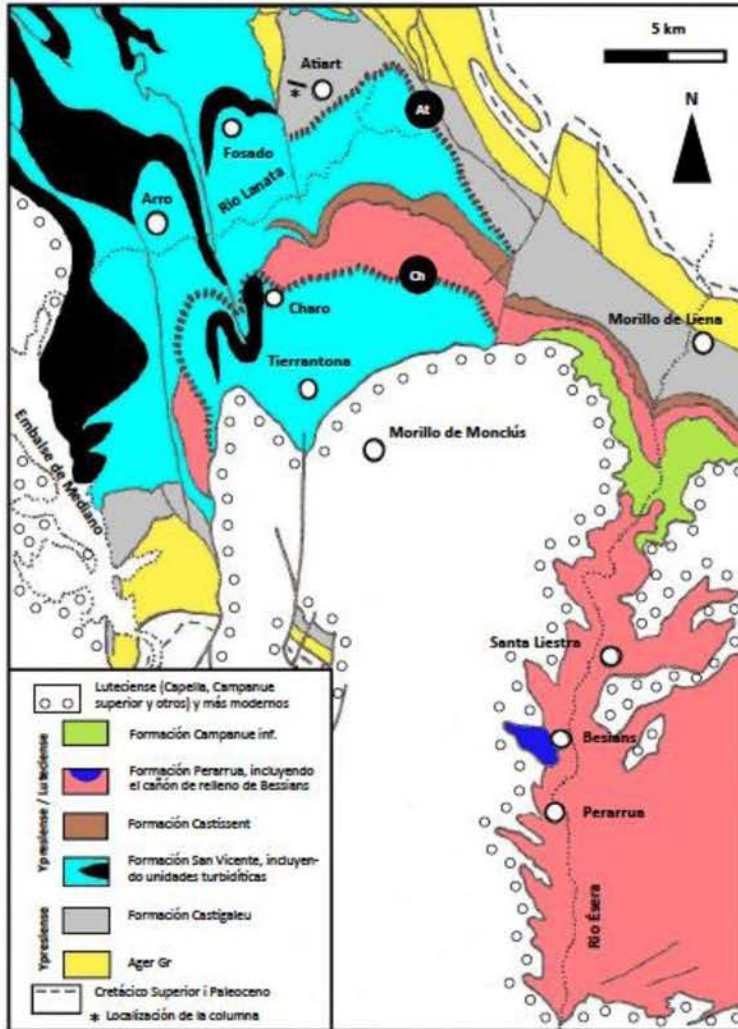
nancias de lutitas, lutitas margosas, margas lutíticas y margas, con dos pequeñas capas de areniscas de grano fino y una tercera en techo de mayor potencia. La sección reconocida tiene una potencia de unos 170 m; de base a techo se reconocen los siguientes tramos:

Tramo 1: de 10 m de potencia, corresponde al yacente y está formado por lutitas azoicas.

Tramo 2: de 31,2 m de potencia, formado por intercalaciones de lutitas, lutitas margosas, margas lutíticas y margas. En los 15 primeros metros, las alternancias de estos materiales son regulares, con abundancia de decápodos y predominio de *X. dufouri*, siendo el nivel más bajo donde aparece *Periacanthus tetracornis* n.sp. Entre los bivalvos cabe destacar *Vulsella* sp., *Ostrea* sp., *Discors* sp., *Spondylus* sp. *Pholadomya* sp. y equinodermos del género *Linthia*. El resto del tramo presenta predominancia de lutitas y lutitas margosas, con pequeños episodios de margas lutíticas y margas. La fauna es la misma de la parte inferior pero con menor abundancia y la aparición de esponjas del género *Craticularia*.

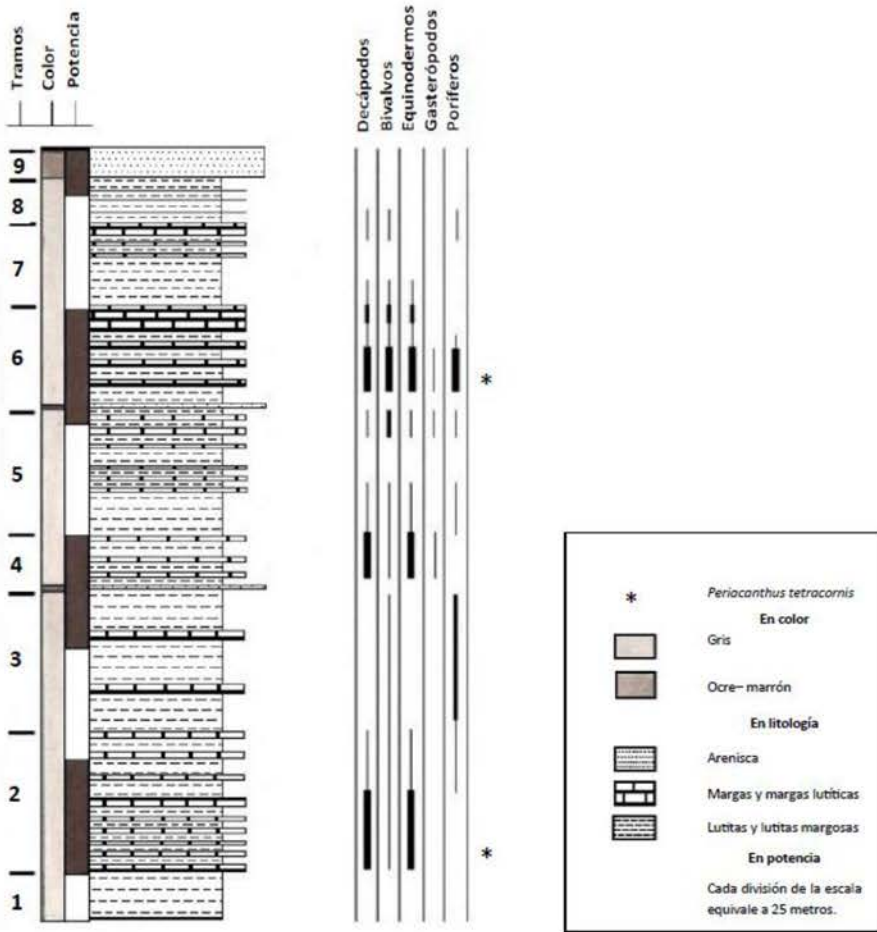
Tramo 3: de 32 m de potencia, formado en su mayoría por lutitas y lutitas margosas, con pequeñas intercalaciones de margas lutíticas y margas. La fauna es escasa y sólo se observan algunas valvas de *Spondylus* sp., *Ostrea* sp. y abundancia de esponjas del género *Craticularia*.

Tramo 4: de 15 m de espesor. Su base presenta una capa de 15 cm de grosor de areniscas de grano fino, pasando a techo a niveles predominantemente margosos con intercalaciones lutíticas y margo lutíticas. Presenta fauna de crustáceos exclusivamente *X. dufouri*, bivalvos (*Spondylus* sp., *Ostrea* sp.), gasterópodos indeterminados y equinodermos irregulares del género *Linthia*.



**Fig. 2.** Mapa geológico simplificado del área en estudio, según A. Payros *et al.* 2009 (basado en Barnolas *et al.*, 1991, Muñoz *et al.*, 1994 y Barnolas y Gil-Peña, 2001). Donde se observan la localización de la columna estratigráfica y dos grandes superficies de truncación (líneas discontinuas en negrita) llamadas cañones de Atiart (At) y Charo (Ch), que delimitan el intervalo del límite entre Ypresiense / Luteciense de la zona en estudio. *Periacanthus tetraconis* n. sp. se localiza en los sedimentos de la Fm. Castigaleu.

**Fig. 2.** Simplified geological map of the area in study, according to A. Payros *et al.* 2009 (based on Barnolas *et al.*, 1991, Muñoz *et al.*, 1994 and Barnolas and Gil-Peña 2001). The location of the column and two stratigraphic surfaces truncation (bold dashed lines) called Atiart canyons (At) and Charo (Ch) which delimit the boundary interval between Ypresiense / Lutetian of the area in study, are shown in this map. *Periacanthus tetraconis* n. sp. is located at Fm Castigaleu sediments.



**Fig. 3.** Sección entre el Barranco de La Sorda y el Barranco de Fosado.  
**Fig. 3.** Section between the la Sorda Canyon and Fosado Canyon.

Tramo 5: de aproximadamente 30 m de potencia, presenta en su base 10 metros de espesor de lutitas y lutitas margosas alternantes. Contiene crustáceos *X. dufouri*, bivalvos indeterminados, equinodermos del género *Linthia* y esponjas del género *Craticularia*, todos ellos en pequeña cantidad. El resto del nivel se compone de alternancias lutítico-margosas, presentando fauna solamente en los últimos 10 metros.

Además de la fauna ya descrita en su base, presenta gasterópodos indeterminados.

Tramo 6: de 21,5 m de potencia. Su base presenta una capa de areniscas de grano fino de un espesor de 55 cm. Por encima presenta un nivel de 13,5 m, presentando alternancias de lutitas y lutitas margosas con capas de margas lutíticas y margas irregulares en su distribución con fauna de crustáceos, predominando *X.*

*dufouri*, entre otros carpiloideos, con *Ctenocheles* sp. y representantes de las familias Raninoidea de Haan, 1839, Xhantoidae, Portunoidae y Majoidae. Es el segundo nivel donde aparece *Periacanthus tetraconis* n. sp. Entre los bivalvos destacan *Vulsella* sp., *Ostrea* sp., *Discors* sp. *Spondylus* sp. y *Pholadomya* sp., cabe también destacar entre los gasterópodos *Pleurotomaria* sp., *Linthia* sp. entre los equinodermos, *Nautilus* sp. entre los cefalópodos, y esponjas del género *Craticularia*. También aparecen restos de peces del género *Myliobatis* y reptiles quelónidos indeterminados. La parte superior del tramo, de 7,5 m de espesor, está compuesto por margas lutíticas y margas con crustáceos, exclusivamente *X. dufouri*, bivalvos del género *Spondylus* y equinodermos del género *Linthia*.

Tramo 7: de una potencia de 18,3 m. Una primera parte de 13 metros presenta lutitas y lutitas margosas uniformes hasta los últimos 3 m donde hay intercalaciones de margas lutíticas y margas; no presenta fauna. Los últimos 5,3 m del tramo son de lutitas margosas pasando a más margosas cuanto más a techo. Presenta fauna de crustáceos, con *X. dufouri*, representantes de las familias de Portunoidae y Xhantidae. Con presencia de escasos bivalvos (*Ostrea* sp. y *Spondylus* sp.), y esponjas del género *Craticularia*.

Tramo 8: con una potencia de aproximadamente 10 m, formado por lutitas y lutitas margosas, con intercalaciones muy finas de margas lutíticas. Sólo presenta escasa fauna en su base de restos de decápodos exclusivamente *X. dufouri*, bivalvos indeterminados y esponjas del género *Craticularia*, pasando a azoicas a partir del primer metro y medio.

Tramo 9: de aproximadamente 5 m de espesor, compuesto por areniscas de grano fino, que a techo pasan a grano medio.



**Fig. 4.** Vista parcial del yacimiento. Fotografía Eduvigis Moreno.

**Fig. 4.** Partial view of the site. Photography Eduvigis Moreno.

## Metodología de trabajo

La impronta del rostro se encuentra en el contramolde, siendo válida para tomar medidas. El molde se ha realizado rellenando el contramolde con material para modelar formado por PVC (cloruro de polivinilo) y plastificante (ésteres de ácido ftálico de alcoholes alifáticos de cadena lineal, de C6 hacia arriba), endureciéndolo en el horno durante 15 minutos a 130 grados. Los fósiles del anexo 1 han sido blanqueados con cloruro de amonio sublimado.

Las medidas se han tomado con un pie de rey. Los dibujos se han realizado con la ayuda de una lupa binocular de 40 aumentos y un microscopio digital de 200 aumentos. Las fotografías se han realizado con una cámara Canon 1000D EOS Rebel XS por Isabel Pérez (Universidad de Zaragoza), con el programa helicon focus para apilar las imágenes i procesadas con Photoshop CS3.

## Sistemática

Se sigue la clasificación de Grave *et al.* (2009):

Reino Animalia Linnaeus, 1758  
Filo Arthropoda Latrielle, 1829  
Subfilo Crustacea Brünnich, 1772  
Clase Malacostrata Latrielle, 1802  
Superorden Eucarida Calman, 1904  
Orden Decapoda Latrielle, 1802  
Suborden Pleocyemata Burkenroad, 1963  
Infraorden Brachyura Latrielle, 1880  
Sección Eubrachyura Saint Laurent, 1980  
Subsección Heterotremata Guinot, 1977  
Superfamilia Majoidea Samouelle, 1819  
Familia Epialtidae MacLeay, 1938  
Subfamilia Epialtinae MacLeay, 1938  
Género *Periacanthus* Bittner, 1875

*Periacanthus tetracornis* n. sp.

**Holotipo.** Ha sido donado y depositado por el Sr. Manuel Fernández al Museo Paleontológico de Zaragoza (a partir de ahora MPZ) con el número MPZ2013/85. Las medidas del holotipo son: ejemplar dorsal: longitud (sin el rostro) (LC) 29 mm, anchura máxima (AC) 24 mm, longitud orbital (O-O) 22 mm (Annex 1).

**Paratipos.** Un molde depositado en el MPZ con el número de registro MPZ2013/86, donación del Sr. Fernando A. Ferratges con medidas, ejemplar dorsal: Longitud (sin el rostro) (LC) 35 mm, anchura máxima (AC) 30 mm, longitud orbital (O-O) 15 mm (medida aproximada).

**Localidad típica.** Atiart, (municipio de La Fueva, Huesca). Coordenadas UTM de los yacimientos: 42° 26.328', 0° 16.084' y 42° 26.379', 0° 15.697'. Hoja número 31-10 (212) Campo.

**Estrato tipo.** Tramo 2/ tramo 6 de la sección situada entre los barrancos de la Sorda y de Fosado.

**Edad.** Intervalo Cuisiense medio – Cuisiense superior.

**Derivatio nominis.** Se nombra con el término griego “tetra” y el término latín “cornis”, que indican el número y forma de sus espinas principales.

## Diagnosis

*Periacanthus* de tamaño similar al resto de especies. Caparazón de forma subhexagonal y poco voluminoso. Las regiones centrales del caparazón forman una carena longitudinal muy destacada. Dos de las espinas de los bordes laterales están muy desarrolladas transformándose en astas. El borde posterior estrecho provisto de tres espinas, la del medio es la de más tamaño y nace en el área intestinal. No se puede determinar el sexo de los ejemplares, al ser estos dorsales.

## Descripción

Al no disponer de ejemplares que posean abdomen, cefalotórax y quelípedos tan solo describimos el dorso.

Caparazón comprimido, en sentido dorso-ventral es más alto en el centro que en los bordes. De forma subhexagonal (obviando las astas laterales), muy ornamentado con espinas robustas de varios tamaños en todo su contorno. Más largo que ancho (sin las astas); máxima anchura en la mitad posterior del cuerpo.

El rostro está compuesto por dos largas espinas divergentes; las órbitas están dispuestas oblicuamente respecto al eje longitudinal del caparazón, sobrepasando el rostro. La órbita está compuesta por tres espinas: La primera es la visera preorbital muy desarrollada, ancha y en forma de teja. En su parte anterior presenta un saliente espinoso. La segunda que es la espina supraorbital, es delgada. La tercera, la

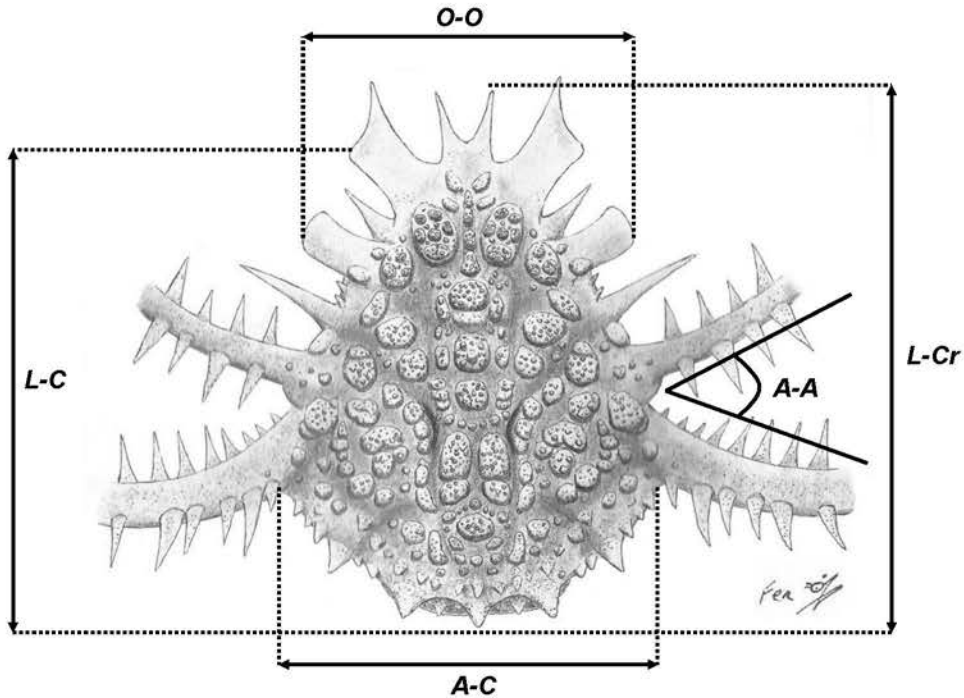
postorbital es de forma espatuliforme y más pequeña que la visera preorbital.

El borde lateral anterior se compone de tres espinas. La primera y más cercana a la órbita es larga y delgada. La segunda y la tercera están muy desarrolladas, transformándose en astas adornadas con abundantes espinas en sus márgenes anterior y posterior; las espinas del margen anterior están inclinadas ventralmente y las del margen posterior dorsalmente. Ambas astas son divergentes entre sí, provistas de

pequeñas granulaciones; de longitud indeterminada debido a que los ejemplares estudiados son incompletos. Medidas en Fig. 7.

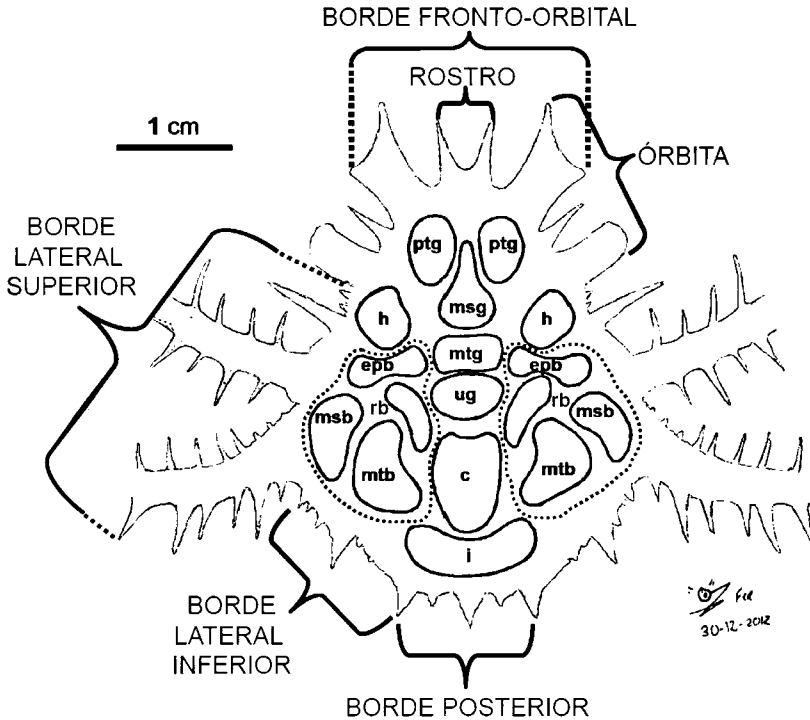
El borde lateral posterior está formado por dos grandes espinas de base ancha orientadas hacia atrás. Entre medio de ellas existen algunas pequeñas protuberancias puntiagudas.

Borde posterior muy estrecho provisto de tres espinas. La central de forma cónica y base ancha, nace en la zona intestinal,



**Fig. 5.** Medidas en el caparazón de *Periacanthus tetracornis* n. sp. L-Cr (longitud con el rostro) 48,1 mm, L-C (longitud sin el rostro): 42,2 mm, O-O (longitud orbital): 20,4 mm, A-C (anchura máxima): 33, 6 mm. A-A (ángulo de apertura entre astas de 36 a 38 grados).

**Fig. 5.** Measures of the carapace of a *Periacanthus tetracornis* n. sp. L-Cr (length to face) 48.1 mm, LC (without the face length): 42.2 mm, OO (orbital length): 20.4 mm, AC (overall width): 33, 6 mm. AA (antlers opening angle between 36 to 38 degrees)



**Fig. 6.** *Pericanthus tetracornis* n. sp., con sus regiones y bordes diferenciados: ptg, protogastrica; epg, región epigastrica; msg, región mesogastrica; mtg, región metagastrica; ug, región urogástrica; h, región hepática; c, región cardíaca; i, región intestinal; rb (región branquial); epb, región epibranchial; msb, región mesobranquial; mtb, región metabranquial.

**Fig. 6.** *Pericanthus tetracornis* n. sp., with different regions and edges: ptg, protogastric; epg, epigastric region, msg, mesogastric region mtg, metagastric region ug, urogastric region h, hepatic region, c, cardiac region; i, intestinal region; rb (branchial region): epb, epibranchial region; msb, mesobranquial region, mtb, metabranquial region.

está flanqueada por dos espinas más pequeñas situadas por debajo de esta.

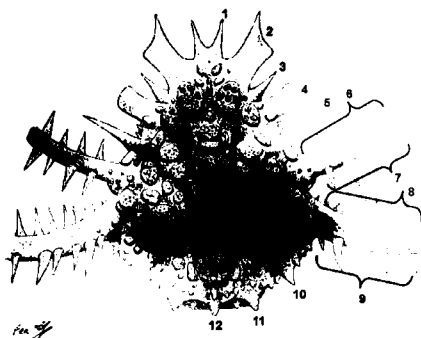
Regiones dorsales: bien definidas y destacadas. Las regiones centrales forman una carena longitudinal, desde las regiones protogastricas a la intestinal, ver Figs. 5 y 6. Las regiones se definen como:

Protogastrica (ptg), ovalada, cubierta por tubérculos granulados destacando cinco de gran tamaño.

Mesogastrica (msg), periforme con una gran protuberancia central muy destacada, bordeada por surcos laterales no muy acentuados y toda ella provista de pequeñas granulaciones.

Metagastrica (mtg), de forma subrectangular con tres protuberancias no muy acusadas, siendo la central la más prominente y provista de granulación en toda la superficie. Hepática (h), subovalada





**Fig. 7.** Medidas máximas: 1: Espina rostro 4,4 mm. 2: Visera preorbital 9 x 5 mm. 3: Espina supraorbital 4,5 mm. 4: Espina infraorbital 6,3 X 3,6 mm. 5: 1ª Espina borde lateral anterior 6,8 mm. 6: 1ª Asta. Espinas borde anterior 2,7 mm. 7: 1ª Asta. Espinas borde posterior 2,2 mm. 8: 2ª Asta. Espinas borde anterior 2,2 mm. 9: 2ª Asta. Espinas borde posterior 3,1 mm. 10: 1ª Espina borde lateral posterior 2,7 mm. 11: 2ª Espina borde lateral posterior 2,2 mm. 12: Espina medial borde posterior 2,7 mm.

**Fig. 7.** Maximum measures: 1: 4.4 mm Thorn face. 2: Preorbital visor 9 x 5 mm. 3: Thorn supraorbital 4.5 mm. 4: infraorbital thorn 6.3 X 3.6 mm. 5: 1st Thorn 6.8 mm front side edge. 6: 1st Horn. 2.7 mm anterior border spines. 7: 1st Horn. 2.2 mm posterior border spines. 8: 2nd Horn. 2.2 mm anterior border spines. 9: 2nd Horn. 3.1 mm posterior border spines. 10: 1st Thorn 2.7 mm posterior lateral edge. 11: 2nd Thorn posterior lateral edge 2.2 mm. 12: Thorn medial posterior edge 2.7 mm.

y prominente con dos protuberancias dispuestas oblicuamente respecto al eje longitudinal del caparazón, se encuentran cubiertas extensamente de granulaciones.

Urogástrica (ug), de forma suboval compuesta por tres protuberancias siendo la intermedia de mayor tamaño.

Cardiaca (c), vasiforme, con tres protuberancias, siendo las dos primeras grandes, del mismo tamaño y paralelas al eje longitudinal del caparazón. La tercera algo más pequeña, situada por debajo de las

anteriores y flanqueada por otros pequeños tubérculos. Todas ellas se encuentran cubiertas de granulaciones.

Intestinal (i), de forma elongada destacando tres protuberancias, las dos laterales ligeramente oblicuas al eje longitudinal del caparazón. En la parte posterior de esta región nace la espina central que caracteriza al género *Periacanthus*.

La zona branquial está formada por las regiones epi-, meso-, y metabranquial, que son de forma irregular provistas de tubérculos de diferente tamaño y orientación, y cubiertas de granulaciones. En esta zona se originan las astas que dan nombre a esta nueva especie.

Toda la superficie dorsal incluyendo las astas, está cubierta de protuberancias irregulares, a su vez, cubiertas de granulaciones.

## Diagnosis diferencial

*P. tetracornis* se distingue de las otras especies de *Periacanthus* descritas hasta el momento, por sus cuatro expansiones marginales laterales (astas). Todas las especies de *Periacanthus* tienen en común las expansiones mesobranquiales ramificadas. En cambio *P. tetracornis* presenta otra expansión ramificada que nace en el área epibranchial, mientras que en el resto de especies es una espina.

Basándonos en el molde, el rostro de *P. tetracornis* es semejante al de las otras cuatro especies, variando el tamaño de la concavidad media y sus espinas frontales. En todos los casos son divergentes. Las órbitas en todas las especies están dispuestas oblicuamente respecto al eje longitudinal del caparazón siendo *P. tetracornis* el único en el que sobrepasan el rostro. En *Periacanthus dalloni* Via, 1959,

las órbitas y el rostro están al mismo nivel. En el resto de especies las órbitas no llegan a la altura del rostro. En todas las especies la visera preorbital tiene forma de teja pero variando sus espinas en tamaño y forma de una especie otra. *P. dalloni* y *Periacanthus dallagoi* Beschin *et al.*, 2005 tienen sus espinas más desarrolladas y puntiagudas en forma de “v”. En *Periacanthus ramosus* Artal y Castillo, 2005 y *Periacanthus horridus* Bittner, 1875, su visera preorbital es más corta y ancha. En *P. tetracornis*, es más estrecha y larga que el resto de especies. La segunda espina en todas las especies es de forma similar pero con variaciones de tamaño. La tercera, tiene forma de espina excepto en *P. ramosus*. En *P. tetracornis* tienen forma espatuliforme.

*P. tetracornis* se asemeja a las otras especies por tener la tercera espina de su borde lateroanterior más desarrollada, sin embargo la parte conservada de la segunda espina lateroanterior de *P. tetracornis* muestra, a diferencia del resto de especies, una morfología semejante a la de la tercera espina, y formándose entre ambas un ángulo de 36 a 38 grados. Esta es una característica única de esta especie (Fig. 5).

En su borde lateroposterior, *P. tetracornis* se diferencia de las otras especies por presentar solo dos espinas. *P. ramosus* presenta cuatro espinas, mientras que el resto de especies presentan tres.

En el borde posterior, *P. tetracornis* presenta tres espinas, siendo la medial de mayor tamaño que las demás y naciendo en el área intestinal. Todas las demás especies presentan tres espinas, diferenciándose entre ellas por sus formas y tamaños. *P. dalloni* presenta tres espinas uniformes y de pequeño tamaño; *P. horridus* presenta también tres espinas uniformes pero de mayor tamaño que en *P. dalloni*; *P. ramosus* presenta tres espinas siendo la medial más pequeña que las demás y *P.*

*dallagoi* presenta tres espinas muy reducidas. (Fig. 8).

## Discusión y conclusiones

Las características morfológicas de los ejemplares encontrados en Atiart, indican claramente la afiliación de esta especie al género *Periacanthus*. Se conocían hasta el momento cuatro especies de este género, todas ellas eocénicas:

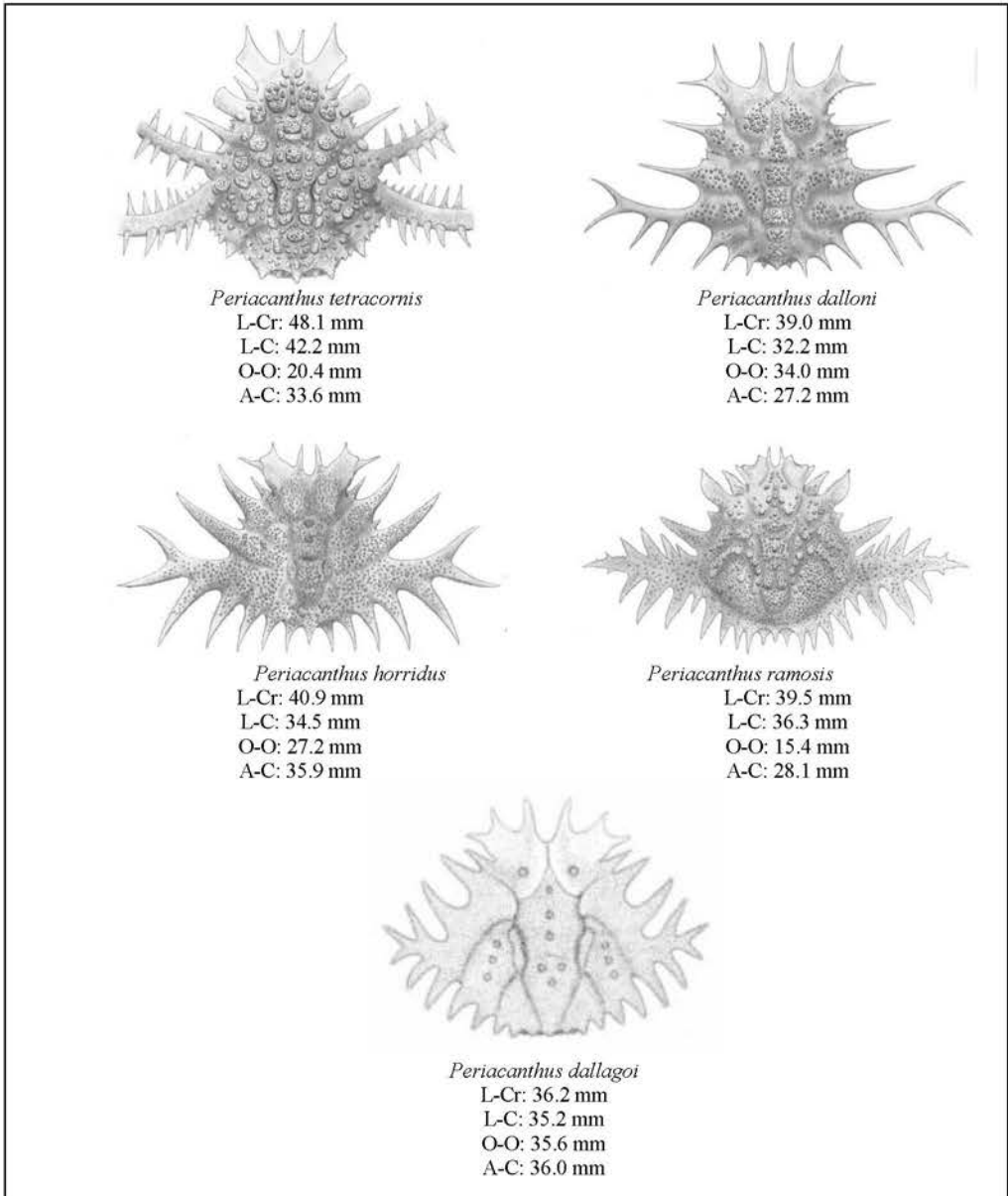
1) *P. horridus*, del Luteciense de Monte Ciupio en Sant Giovanni Ilarione (Verona). (Bittner, 1875 - 1895. Busuloni *et al.*, 1982, Beschin *et al.*, 1994), del Eoceno medio (Bartoniense) y superior (Priaboniense) de Italia (en el Eoceno medio de las canteras “Main” de Arzignano y “Boschetto” i “Albanello” de Nogarole Vicentino (Busolini *et al.*, 1982; Beschin *et al.*, 1994) y también en el Priaboniense de “Fontanella” di Grancona (De Angeli, 1995), en el Eoceno medio (Bartoniense) de Barton Beds, (Christchurch Bay, Reino Unido) (Quayle y Collins, 1981), en los alrededores de Budapest (Hungria) (Lörenthey, 1898; Lörenthey y Beurlen, 1929) y en el Eoceno inferior (Luteciense superior) de Vidrà (Girona, España) (Via, 1959-1969);

2) *P. dalloni*, del Eoceno inferior (Luteciense medio) de Vilada (Barcelona, España) (Via, 1959; 1969);

3) *P. ramosus*, exclusivo del Eoceno inferior (Ilerdiense superior- Cuisiense inferior) de Bacamorta (Huesca, España) (Artal y Castillo, 2005);




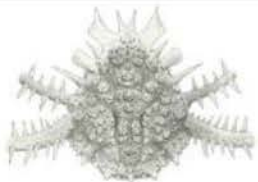

4) *P. dallagoi*, solo aparece en el Eoceno medio de Grola di Cornedo Vicentino (Vicenza, Italia) (Beschlin *et al.*, 2005).

Con esta nueva especie son cinco las formas referidas al género *Periacanthus* descritas hasta el momento, cuya distribu-



**Fig. 8.** Medidas de las diferentes especies de *Periacanthus*. Dibujos Fernando Ari Ferratges, excepto *Periacanthus dallagoi* (tomado de Beschin et al., 2005).

**Fig. 8.** Measures of different species of *Periacanthus*. Ari Fernando Ferratges drawings except *Periacanthus dallagoi* (from Beschin et al., 2005).

MA	EDAD		ESPECIES PERIACANTHUS	
37,2	Bartoniense			
41,3	Luteciense		 <i>Periacanthus horridus</i>	
			 <i>Periacanthus dalloni</i>	 <i>Periacanthus dallagoi</i>
48	Y p r e s i e n s e	Cuisiense	 <i>Periacanthus tetracornis</i>	
		Ilerdiense		 <i>Periacanthus ramosus</i>
56				

**Fig. 9.** Tabla de las especies conocidas de *Periacanthus*. Dibujos Fernando Ari Ferratges, excepto *Periacanthus dallagoi* (tomado de Beschin *et al.*, 2005). *Periacanthus horridus*, aparece en el Luteciense y perdura hasta el Priaboniense. El resto de especies están restringidas a la época marcada en la tabla.

**Fig. 9.** Table of known species *Periacanthus*. Ari Fernando Ferratges drawings except *Periacanthus dallagoi* (from Beschin *et al.*, 2005). The other species refer to the time period consigned in the table.

ción se restringe al Eoceno de Europa.

*P. tetraconis* n. sp. es la segunda forma más antigua hallada hasta el momento después de *P. ramosus*. Las cinco especies descritas hasta ahora son de distribución europea, con una mayor concentración en el área Mediterránea.

En el cuadrante noreste de la península Ibérica se encuentran 4 especies: *P. dalloni* y *P. horridus* en Catalunya, *P. tetraconis* y *P. ramosus* en Aragón. Estas dos últimas son las más antiguas de este género y endémicas de la zona. *P. dallagoi* es endémico de Italia, mientras *P. horridus* se distribuye por Italia, Inglaterra, Hungría y España (Fig. 9).

## Agradecimientos

Al Dr. Josep Quintana (Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Sabadell, Barcelona) por su corrección y paciencia. Al Dr. Aitor Payros (Universidad del País Vasco, Dept. de Estratigrafía – Paleontología, Bilbao) por su supervisión estratigráfica. Al Dr. Antonio Abad (Museo de Geología del Seminari de Barcelona) por su inestimable ayuda. Al Dr. J. I. Canudo (Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra, Paleontología, Facultad de Ciencias) y la Sociedad de Amigos del Museo de Paleontología de la Universidad de Zaragoza, por haber confiado en nosotros. Al Sr. José Manuel Méndez por sus profundos conocimientos en bibliografía y estratigrafía. A la Sra. Isabel Pérez (Universidad de Zaragoza) por sus magníficas fotografías. Al Sr. Màrius Asensi por el montaje de Anexo I. A la Sra. Aria Kwekel por sus múltiples aportaciones. Al Sr. Pedro García, al Sr. Antonio Becares y al Sr. Ángel Laguna por su colaboración en el trabajo de campo.

## Bibliografía

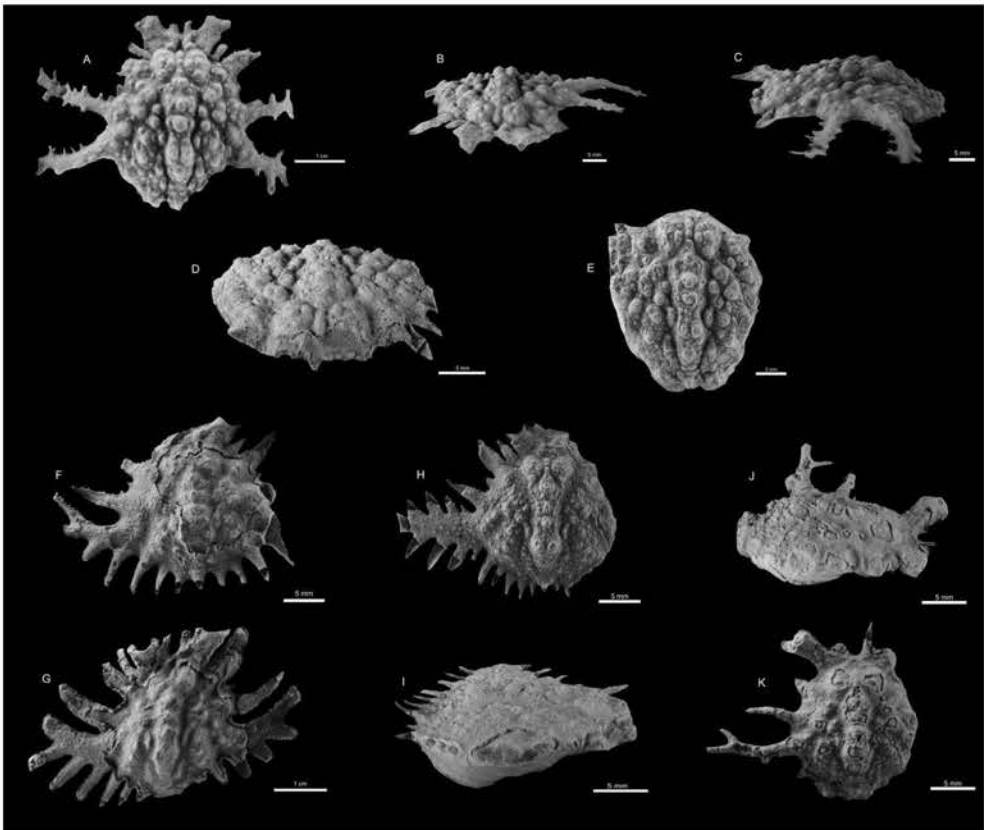
- Artal, P. y Castillo, J. 2005. *Periacanthus ramosus* (Crustacea, Decapoda), nueva especie del Eoceno inferior de Huesca (Aragón, España). *Batalleria*, 12: 39-44.
- Atkinson, C.D. 1986. Tectonic control on alluvial sedimentation as revealed by an ancient Catena in the Capella Formation (Eocene) of northern Spain. In: Wright, V. P. (Ed.) *Paleosols and Basin Tectonics*: 139-179.
- Barnolas, A., Samsó, J.M., Teixell, A., Tosquella, J. y Zamorano, M. 1991. Cuenca de Jaca-Pamplona. I Congreso del Grupo Español del Terciario, Vic. Libro-Guía Excursión nº 1, 123 p.
- Barnolas, A. y Gil-Peña, I. 2001. Ejemplos de relleno multiepisódico en una cuenca de antepaís fragmentada; la Cuenca Surpirenaica. *Boletín Geológico y Minero*, 112: 17-38.
- Barnolas, A., Payros, A., Samsó, J.M., Serra-Kiel, J. y Tosquella, J. 2004. La Cuenca surpirenaica desde el Ilerdiense medio al Priaboniense. In: Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España 2004*. Instituto Geológico y Minero de España, Sociedad Geológica de España, Madrid: 313-320.
- Beschin, C., De Angeli, A., Checchi, A. y Zarantonello, G. 2005. Crustacei Eoceneci di Grola Presso Spagnago (Vicenza, Italia Settentrionale). *Studi e Ricerche-Associazione Amici del Museo-Museo Civico "G. Zannato" Montecchio Maggiore (Vicenza)*, 12: 5-35.
- Beschin, C., Busulini, A., De Angeli, A. y Tessier, G. 1994. I Crustacei Eoceneci della cava "Boschetto" di Nogarole Vicentino (Vicenza-Italia settentrionale). *Lavori Soc. Ven. Sci. nat.*, 19: 78-82.
- Beschin, C., Busulini, A. y Tessier, G. 2010. Crustacei Decapodi dell'Eocene medio (Bartoniano) di Soave (Verona-Italia nordorientale). *Studi e Ricerche-Associazione Amici del Museo-Museo Civico "G. Zannato" Montecchio Maggiore (Vicenza)*, 17: 11-28.

- Bittner, A. 1875. Die Brachiuren des Vicentinischen tertiärgebirges. *Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien*, 34: 63-106.
- Bittner, A. 1895. Über zwei ungenügend becaente brachyoure Crustaceen des Vicentinischen Eocäns. *Sitzber. K. Akad. Wiss. Wien, Abt. I*, 104: 247-253.
- Busulini, A., Tessier, G. y Visentin, M. 1982. Brachyura della Cava Main (Arzignano) – Lessini orientali (Vicenza) (Crustacea, Decapoda). *Lavori Soc. Ven. Sci. nat.*, 7: 75-84.
- Cuevas-Gozaló, M., Donselaar, M.E. y Nio, S. D. 1985. Eocene clastic nidal deposits in the Tremp-Graus Basin (Provs. of Lérida and Huesca). 6<sup>th</sup> European Regional Meeting I.A.S., Lérida. Guidebook Excursion n° 6: 215-266.
- Cuevas-Gozaló, M. 1989. Sedimentary facies and sequential architecture of tide-influenced alluvial deposits. An example from the middle Eocene Capella Formation, South-Central Pyrenees, Spain. *Geol. Ultraiectina*, 61, 152 p.
- De Angeli, A. 1995. Crostacei dell'Eocene superior di Fontanella di Grancona (Vicenza-Italia settentrionale). Studi e Ricerche- Assoc. *Amici Mus. Civ. G. Zannato, Montecchio Maggiore (Vicenza)*: 7-24.
- De Angeli, A. y Caporiondo, F. 2009. Crustacei Decapodi del Priaboniano di Sossano (Monti Berici, Vicenza-Italia settentrionale). Studi e Ricerche-Associazione *Amici del Museo-Museo Civico "G. Zannato" Montecchio Maggiore (Vicenza)*, 16: 23-33.
- Fonnesu, F. 1984. *Estratigrafia física y análisis de facies de la secuencia de Figols, entre el rio Noguera Pallaresa e Iscles (Prov. De Lérida y Huesca)*. Tesis Doctoral Universitat Autònoma de Barcelona, 317 p.
- Grave S. De, Pentcheff P N. D., Ahyong, S. T., Chan, Tin-Yam, Crandall, K. A., Dworschak, P.C., Felder, D. L., Feldmann, R. M., Fransen, Ch. H. J. M., Goulding, L. Y. D., Lemaitre, R., Low, M.E.Y., Martin, J.W., Ng, P.K.L., Schweitzer, C. E., Tan, S. H., Tshudy, D. y Wetzler, R., 2009. Clasificación of living and fossil genera of decapod crustaceans *Raffles Bulletin of Zoology*, Suppl. n° 21:1-109. Singapore.
- Guinot, D. 1979. *Morphologie et Phylogénèse des Brachyures*. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nouvelle Série. Série A. Tome 112. Éditions de Muséum. Paris: 1-354.
- Lörenthey, E. 1898. *Beiträge zur Dekapodenfauna des Ungarischen Tertiärs*, Termész Füzetek, 21, 133 p.
- Lörenthey, E. y Beurlen, K., 1929. *Die fossilen Decapoden der Länder der Ungarischen Krone*. Geologica Hung. 420 p.
- Marzo, M., Nijman, W. y Puigdefabregas, C. 1988. Architecture of the Castissent fluvial sheet sandstones, Eocene, South Pyrenees. *Sedimentology*, 35: 719-738.
- Muñoz, J.A., McClay, K. y Poblet, J., 1994. Synchronous extension and contraction in frontal thrust sheets of the Spanish Pyrenees. *Geology*, 22: 921-924.
- Mutti, E., Remacha, E., Sgavetti, M., Rosell, J., Valloni, R. y Zamorano, M., 1985. Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems, south-central Pyrenees. In: mila. M.D. Rosell, J. (Eds.), IAS 6<sup>th</sup> European Regional Meeting. Excursion Guidebook. Institut d'estudis Ilerdencs, Lleida: 521-576.
- Mutti, E., Seguret, M. y Sgavetti, M., 1988. *Sedimentation and deformation in the Tertiary sequences of the southern Pyrenees*. Field trip Guidebook 7, AAPG Mediterranean Basins conf. Nice. 169 p.
- Mutti, E., 1992. *Turbidite sandstones Agip*. Istituto di Geologia Università di Parma, San Donato Milanese. 275 p.
- Nijman, W. y Nio, S.D. 1975. The Eocene Montañana delta. In: Rosell, J. y Puigdefabregas, C. (Eds) Sedimentary evolution of the Paleogene South Pyrenean Basin. *IAS 9<sup>th</sup> International Congress*, Nice, part B, 56 p.
- Nijman, W. y Puigdefabregas, C. 1978. Coarse-grained point bar structure in a molasse type fluvial system, Eocene Castissent Sandstone Formation, South Pyrenean Basin. *Canadian Society of Petroleum Geology, Memoir*, 5: 487-510.

- Nijman, W. 1989. Thrust sheet rotation? The South Pyrenean Tertiary basin configuration reconsidered. *Geodinamica Acta*, 3: 17-42.
- Nijman, W. 1998. Cyclicity and basin axis shift in piggy-back basin: towards modelling of the Eocene Tremp-Ager Basin, South Pyrenees, Spain. In: A. Mascle; C. Puigdefabregas; H.P. Luterbach, and M.Fernández (Eds.). *Cenozoic Foreland Basins of Western Europe*, Geological Society Special Publications, 134: 135-162.
- Payros, A., Tosquella J., Bernaola, J., Dinarès-Turell, J., Orue-Etxebarria, X. y Pujalte, V. 2009. Filling the North European Early/Middle Eocene (Ypresian/Lutetian) boundary gap: Insights from the Pyrenean continental to deep-marine record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 280: 313-332.
- Plaziat, J.C. 1981. Late Cretaceous to Late Eocene paleogeographic evolution of southwest Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 36: 263-320.
- Puigdefabregas, C. y Souquet, P. 1986. Tectosedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary of the Pyrenees. *Tectonophysics*, 129: 173-203.
- Puigdefabregas, C., Nijman, W. y Muñoz, J.A. 1989. *Alluvial deposits of the successive foreland basin stages and their relation to the Pyrenean the rust sequences*. Ser. Geol. Catalunya. Barcelona. 176 p.
- Quayle, W.J. y Collins, J.S.H. 1981. New Eocene crabs from the Hampshire Basin. *Palaeontology*, 24: 733-758.
- Samsó, J.M., 1988. *Estudi sedimentològic i bioestratigràfic de la Formació Sant Esteve de Mall (Eocè, Conca de Tremp-Graus)*. Tesis Licenciatura Universitat de Barcelona, 540 p.
- Schaub, H. 1981. *Nummulites et assilines de la Téthys paléogène. Taxinomie, phylogénèse et biostratigraphie*. Mémoires suisses de Paléontologie: 104-106, 236 p.
- Seguret, M. 1972. *Étude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées- Caractère synsedimentaire, rôle de la compression et de la gravité*. Publications USTELA, Montpellier, Série géologie structurale, 2, 155 p.
- Serra-Kiel, J., Canudo, J.L., Dinares, J., Molina, E., Ortiz, N., Pascual, J.O., Samsó, J.M., y Tosquella, J. 1994. Cronoestratigrafía de los sedimentos marinos del Terciario inferior de la Cuenca de Graus-Tremp (Zona Central Surpirenaica). *Rev. Soc. Geol. de España*, 7: 273-297.
- Serra-Kiel, J., Hottinger, L., Caus, E., Drobne, K., Ferrández, C., Jauhri, A.K., Less, G., Paviovec, R., Pignatti, J., Samsó, J.M., Schaub, H., Sirel, E., Straugo, A., Tambareau, Y., Tosquella, J. y Zakrevskaya, E. 1998. Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. *Bulletin Société Géologique de France*, 169 (2): 281-299.
- Solé, J. y Via, L. 1989. Crustàcis Decàpodes fòssils dels Països Catalans (recopilació i actualització de dades des de 1855 a 1988). *Batalleria*, 2: 23-42.
- Van Eden, J.G. 1970. A reconnaissance of deltaic environment in the middle Eocene of the south – central Pyrenees, Spain. *Geol. en Mijnbouw*, 49(2): 141-157.
- Via Boada, L. 1959. Decàpodos fòssils del Eoceno español. *Bol. Inst. Geol. Min. de España*, 70: 331-402.
- Via Boada, L. 1969. Crustáceos Decàpodos del Eoceno Español. Pirineos: 1-480, 39 lám. Jaca.
- Via Boada, L. 1982. Nueva contribución al estudio paleontológico de la superfamilia Ocypodoidea (Crustáceos, decàpodos). *Bol. Geológico y Minero*, 93: 115-119.

**Anexo 1.** Especies de *Periacanthus* reconocidas en la Península Ibérica. A- E. *Periacanthus tetracomis* nov. sp. Molde A-C: Paratipo del Cuisiense medio de Huesca. A. Vista dorsal. B. Vista frontal. C. Vista lateral izquierda. MPZ2013/86. D y E: Holotipo ejemplar MPZ2013/85. F. *Periacanthus horridus* Paratipo del Bartonense de Igualada (Barcelona). Vista dorsal. Ejemplar MGSB 50.583. G. *Periacanthus horridus* Paratipo del Bartonense de Gerona en vista dorsal. Ejemplar MGSB 15.935. H, I *Periacanthus ramosus* Holotipo del Ilerdiense de Huesca en vista dorsal (H) y lateral derecha (I). Ejemplar. MGSB 68.398. J, K. *Periacanthus dalloni* Holotipo del Eoceno Luteciense de Berga (Barcelona) en vista dorsal (K) y lateral derecha (J). Ejemplar MGSB 15.922.

**Annex 1.** *Species of Periacanthus recognized in the Iberian Peninsula. A- E. Periacanthus tetracomis nov. sp. Mold AC: Paratype of the middle Cuisian of Huesca. A. Dorsal view. B. Frontal view. C. Lateral view, left. MPZ2013/86. D and E: holotype specimen MPZ2013 / 85. F. Periacanthus horridus Bartonian Paratype of Igualada (Barcelona). Dorsal view. Specimen MGSB 50,583. G. Periacanthus horridus Bartonian Paratype of Girona in dorsal view. Specimen MGSB 15,935. H, I Periacanthus ramosus Ilerdian Holotype of Huesca in dorsal view (H) and right side (I). Specimen. MGSB 68,398. J, K. Periacanthus dalloni Holotype Eocene Lutetian of Berga (Barcelona) in dorsal view (K) and right side (J). Specimen MGSB 15,922.*





# Morfogènesi i evolució dels codolars del Coll Baix, Sa Calobra i Cala Tuent (Mallorca)

Marc MARTORELL

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Martorell, M. 2014. Morfogènesi i evolució dels codolars del Coll Baix, Sa Calobra i Cala Tuent (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 55-78. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Els codolars del Coll Baix, Sa Calobra i Cala Tuent (Tramuntana, Mallorca) es presenten com a tres sistemes litorals força diferents dels estrictament arenosos, podent realitzar també una anàlisi comparativa entre ells dels factors i processos implicats en les seves distintes evolucions. Juntament amb la seva localització i realitzant una anàlisi textural de les seves partícules, es poden extreure diverses conclusions particulars d'aquests ambients, enfatitzant quins són els agents modeladors més implicats.

**Paraules clau:** *Codolars, sistemes litorals, anàlisi comparativa, anàlisi textural, agents modeladors.*

MORPHOGENESIS AND EVOLUTION OF THE PEBBLE BEACHES OF COLL BAIX, SA CALOBRA AND CALA TUENT (MALLORCA). The pebble beaches of Coll Baix, Sa Calobra and Cala Tuent (Tramuntana, Mallorca) are presented as three different systems compared with the strictly coastal sandy ones and can also perform a comparative analysis between them about distinct factors and processes involved in its various evolutions. Also with its particular location, and making a particle textural analysis, several conclusions can be derived from these individual environments, especially facing what are the most modeller agents involved.

**Keywords:** *Pebble beaches, coastal systems, comparative analysis, textural analysis, modeller agents.*

Marc MARTORELL, Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears (UIB); Isabela Oceanographic Institute – IOI (Isabela, Galápagos).

*Recepció del manuscrit: 27-ago-13; revisió acceptada: 10-des-14.*

## Introducció

El litoral és un espai dinàmic i fràgil sobre el qual actuen una gran varietat de factors físics (vent, onatge, corrents litorals, insolació, i per tant, salinitat, humitat, dessecació...), biològics (presència d'organismes sotmesos a unes condicions estressants d'aquest peculiar ecosistema) i antròpics (ordenació litoral, factors eco-

nòmics, com també la pressió antròpica i les conseqüències negatives derivades de les males polítiques de gestió...) (Servera, 2004). És per això, doncs, que no es pot considerar la part emergida de les platges com un espai independent de la platja submergida des del punt de vista dinàmic i genètic (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000), sinó que cal considerar l'espai costaner com un sistema integrat per ambdós ambients.

Els estudis que s'han dut a terme en relació a entorns costaners escauen amb més força sobretot a partir del moment en que el litoral es converteix en un espai considerat a partir de la seva rendibilitat i en cap cas a partir de les seves condicions ambientals, variables i vulnerables (Mir-Gual, 2009). Així, és imprescindible tenir en compte els factors esmentats anteriorment (físics, biològics i antròpics), com també la característica de l'espai litoral com un sistema integrat, per a poder gestionar bé el litoral i els seus espais, aplicant criteris geomorfològics i ambientals (Roig-Munar *et al.*, 2009).

A aquest cas d'estudi, enfocat a les platges del Coll Baix, Sa Calobra i Cala Tuent (dintre de l'illa de Mallorca), cal destacar que es tracta de sistemes més permanents que els arenosos pel que fa a morfologies existents i, per tant, amb uns processos força diferents que en el cas de sistemes de platja-duna. En aquest cas, l'onatge i l'aport de material detrític juguen un paper gairebé exclusiu front a l'afecte del vent. També cal destacar el paper que juga el desmantellament dels relleus contigus a tals ambients.

Els estudis centrats en l'anàlisi de platges de còdols existents a les Illes Balears són més bé escassos. Així doncs, aquests es limiten al treball realitzat per Espinosa i Martínez (2007), centrat amb una caracterització preliminar d'un dels casos d'estudi d'aquest treball, com és el cas del Coll Baix (Mallorca) i la tasca duta a terme per Roig-Munar *et al.* (2013), centrat amb una caracterització més exhaustiva d'es Codolar (Eivissa, Illes Balears), incidint amb la caracterització geomorfològica i dinàmica de la platja.

La seva poca importància econòmica i social també fa que els estudis sobre platges de còdols no siguin tan rellevants com els de litorals arenosos (Roig-Munar *et al.*,

2013). L'escassa existència de treballs relacionats amb aquesta temàtica s'estén arreu de l'Estat espanyol, així com també a nivell internacional. Es fa palès així, dins la literatura existent, una reflexió constant del poc interès despertat per part de les platges de partícules més grolleres, en relació a les platges d'arena. No obstant, Jennings i Shulmeister (2002) defensen que durant les darreres dues dècades es pot apreciar un increment en la investigació de platges de graves des d'una gran varietat de costes. Els mateixos autors divideixen en dues àrees principals la literatura existent en aquest camp: (1) evolució de barreres de graves i (2) processos, morfologies i sediments.

Degut al gran dinamisme de l'espai litoral, amb èmfasi sobre les costes sedimentàries, la necessitat de conèixer els agents, factors i processos que hi intervenen (com també la seva intensitat, recurrència i a quina escala es donen aquests) esdevé un fet més que important per entendre la seva gènesi i evolució (tant passada, com de futurs estadis possibles).

A Balears, per la seva importància econòmica, les costes sedimentàries de baixa energia han estat més estudiades que les d'alta energia. Així, un dels principals objectius d'aquest treball passa per establir una primera aproximació detallada de les platges de còdols, enteses aquestes com a zones d'acumulació, resultants de processos erosius de la conca o de penya-segats associats força importants. S'han escollit per tant, tres codolars força distintes entre ells, els quals ens ha permès realitzar una anàlisi comparativa que enriqueix i complementa els diversos apartats que engloben l'objecte d'estudi.

Per a tot això, el següent treball centrarà gran part del seu objecte en les condicions de les platges i l'anàlisi de la textura (entenen aquesta com les característiques físiques dels sediments, majoritàriament de

mida i forma) de les seves partícules per tal de determinar la resposta d'aquestes als efectes de l'onatge (Jennins i Schulmeister, 2002). No obstant, en el cas de Sa Calobra, i en menor mesura a Cala Tuent, sumat a l'afecte de les ones, destaquem el paper que juguen els cursos d'aigua associats en el modelat de la platja. En aquest sentit, conèixer la seva gènesi, i sota quines condicions s'han dut a terme les seves deposicions també és un dels objectius principals del seu estudi. Finalment, un aspecte a tenir en compte és l'anàlisi temporal d'aquests processos, amb capacitat de detectar certa estacionalitat en alguns aspectes estudiats, sigui en relació a esdeveniments de tempesta, precipitacions, etc.

### Àmbit d'estudi

Els mètodes utilitzats per a la caracterització dels codolars del Coll Baix, Sa Calobra i Cala Tuent, és el resultat de la suma de feines de gabinet, visites al camp, com també una posterior anàlisi de les dades obtingudes.

Per a una millor comprensió i coneixement, s'han elaborat croquis i mapes geològics de les zones més properes a cada una de les cales objecte d'estudi. Endemés s'han delimitat les conques dels cursos d'aigua associats a cada cas. Així, es plasma la geologia i la hidrografia, les quals donaran informació dels materials de les conques associades i, per tant, permetrà conèixer quin serà el sediment resultant que passarà a formar part de la composició de cada platja. Aquest apartat, s'ha dut a terme mitjançant mapes existents (Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears, IDEIB, [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat)), bibliografia relacionada, com també a través de visites al camp i, per tant, comprovació *in situ*.



**Fig. 1.** Fotografia aèria amb la localització dels perfils traçats i les mostres analitzades.

*Fig. 1. Aerial photograph with the location of profiles and samples analyzed.*

D'altra banda, els models referents a les dades sobre direcció i altura d'onatge incident han estat duts a terme a partir de les bases de dades facilitades per AEMET ([www.aemet.es](http://www.aemet.es)) i Ports de l'Estat ([www.puertos.es](http://www.puertos.es)). Finalment, i per acabar amb la caracterització de les zones estudiades, s'han dut a terme inventaris florístics amb el fi d'identificar quines són les espècies vegetals característiques en

aquests ambients, així com també veure el seu grau de recurrència en ells.

La part experimental del treball passa per la realització de perfils de cada platja estudiada en diferents moments (Fig. 1) i cobrint la totalitat de l'espai analitzat. Es dugueren a terme amb la combinació d'un pantòmetre i un clinòmetre.

A la platja del Coll Baix s'han traçat un total de 6 perfils, que van des del peu del penya-segat fins a la zona de *swash*. En el cas de Cala Tuent, són 5 els perfils realitzats, mentre que a la platja de Sa Calobra, s'han dut a terme 3 perfils. A aquest darrer cas, s'ha contemplat tan sols l'àrea sobre la qual té influència la dinàmica litoral, i per tant amb la dificultat inherent que comporta no tenir ben delimitat el lloc on començar cada un dels perfils. El temps de mostreig s'ha dut a terme al llarg de 4 mesos, duent a terme campanyes de camp simultànies amb una recurrència d'un mes. Concretament les campanyes es dugueren a terme els dies 09/03, 07/04, 12/05 i 07/06 de 2013 en el cas del Coll Baix i 17/03, 14/04, 19/05 i 17/06 de 2013 pel que fa a Sa Calobra i Cala Tuent.



**Fig. 2.** Malla de 20 cm de costat utilitzada per delimitar les mostres de còdols.

*Fig. 2. 20 inches square mesh used to define samples of pebbles.*

Un pantòmetre amb una longitud de 1,5 m combinat amb un clinòmetre (Mir-Gual, 2009), ens ha permès esbrinar la longitud de cada perfil i, per consegüent, l'amplada de la platja a cada zona, així com també, la pendent de la part emergida fins al nivell de la mar.

A partir d'aquesta informació, s'han generat els perfils amb fulls de càlcul Excel, comparant els 4 perfils d'un mateix punt, amb l'objectiu de poder observar els canvis de relleu, induïts aquests per efecte de l'onatge o pel drenatge de les aigües dels torrents associats (el que ha condicionat molt l'aspecte de la platja sobretot en el cas de Sa Calobra, i en menor mesura a Cala Tuent).

Durant les citades campanyes, s'han agafat mostres dels distints sediments que conformen els codolars, preferiblement tenint en compte aspectes de mida i forma. El criteri seguit s'ha basat en una zonació de la platja en qüestió. Ens ha condicionat a aquesta elecció el seu gran dinamisme, diferenciant-se dels criteris basats en l'existència de diferents bermes. Així i tot, s'ha intentat recollir les mostres d'aquelles zones per on transcorrien els perfils traçats. D'aquestes, algunes s'han transportat fins al gabinet, i altres s'han analitzat *in situ* al camp.

La caracterització granulomètrica del sediment, depenent de la seva mida, s'ha dut a terme a partir d'un "peu de rei" digital o bé a través d'un pila de tamisos amb mides entre 2 mil·límetres i 63 micres. En el cas de mostres de sediments fins s'han tamisat 300 g de cada mostra. Per contrapartida, a les analitzades amb "peu de rei", s'han escollit 50 còdols dins clastes que hem variat entre 20 i 40 cm de costat depenent de la mida del sediment (Fig. 2). S'han pres un total de 14 mostres. 5 de la platja del Coll Baix, 4 de Cala Tuent i 5 de Sa Calobra.

Per a cada un dels casos d'estudi s'ha dut a terme una anàlisi textural dels diferents tipus de còdols per a tal de definir; mida de gra, morfologia de gra, arrodoniment, esfericitat, l'índex de forma de Zingg (1935) i l'índex d'arrodoniment de Wadell (1932; 1933; 1935). Aquests paràmetres ajuden a poder comparar les característiques dels sediments que es poden trobar dins una mateixa platja, com també establir certa comparació entre els tres codolars.

Pel que fa a la mida de gra, es tindrà en compte l'escala de Wentworth (1922a; 1922b) com a referència. Dintre dels casos d'estudi objecte d'aquest treball, totes les mostres de materials més grollers que s'han analitzat entren dins la categoria de còdols (*pebbles*), que es troben entre els 2 i els 64 mm de diàmetre.

Per tal de classificar la mida de gra d'aquells sediments més fins, s'han bolcat les dades de les mostres passades pel tamís a dins el software lliure GRADISTAT, el que ens permet extreure el percentatge de cada fracció dins el total de la mostra. En canvi, les mostres analitzades amb "peu de rei", calculant els tres eixos principals (llarg, curt i intermedi), s'han analitzat amb un full Excel, permetent conèixer la forma de cada còdol.

Dintre de les mostres de còdols, la informació obtinguda permet analitzar paràmetres texturals tals com:

**Mida de gra:** Les mostres es disgregaran per conjunts de mides, per tal de reconstruir estadísticament la mostra i esbrinar el grau de representativitat de cada un dels subconjunts. Per tant, extraïem valors com la mitja, mediana, manca de simetria i *curtosis* o mida més freqüent.

**Morfologia del gra:** Per a dur a terme el seu càlcul es poden analitzar varis aspectes tal i com cita Cheel (2005);

**Arrodoniment:** L'arrodoniment d'una partícula ens defineix el grau de curvatura (o angulositat) de les seves voreres. El mètode més apropiat es l'*Índex d'Arrodoniment de Wadell*, calculant la relació dels radis de curvatura mitjana de les cantonades d'un gra en relació al radi més gran del cercle inscrit dins la partícula (Wadell, 1932, 1933, 1935). El seu valor màxim és 1, que equival al grau màxim d'arrodoniment. Aquest camp, ens permet extreure informació de la distància i grau d'energia del transport.

**Esfericitat:** A part de l'aspecte textural de la partícula en sí, ens pot aportar informació útil sobre altres propietats, com és la velocitat de sedimentació (relativa al transport i a la capacitat hidràulica per a fer-ho). Es calcula comparant el grau de semblança de la seva forma a la d'una veritable esfera. Una esfera perfecta tindria un valor 1, mentre que la resta de formes, serien inferiors a 1.

**L'Índex de forma de Zingg:** S'utilitza per a determinar l'aspecte geomètric espacial d'una partícula, basat en les proporcions de la mida dels tres eixos L, I i S (Llarg, Curt i Intermedi). Amb la relació entre ells, es defineix la forma, que es pot classificar en 4 grans grups: laminar, prolat, discoïdal i esfèric), basat en les raons I/L i S/I. Es plotegen els dos valors al diagrama i es determina la seva forma. El diagrama de Zingg és independent de l'esfericitat.

Cap remarcar que aquest permet descriure les partícules, però no tracta aspectes hidrodinàmics de la forma. Per a tal efecte, s'utilitza l'aspecte de la Projectió Màxima d'Esfericitat (PME) proposat per Sneed i Folk (1958), que es defineix com l'àrea de la secció transversal màxima del volum de l'esfera equivalent a l'àrea màxima de secció transversal de la partícula en sí.

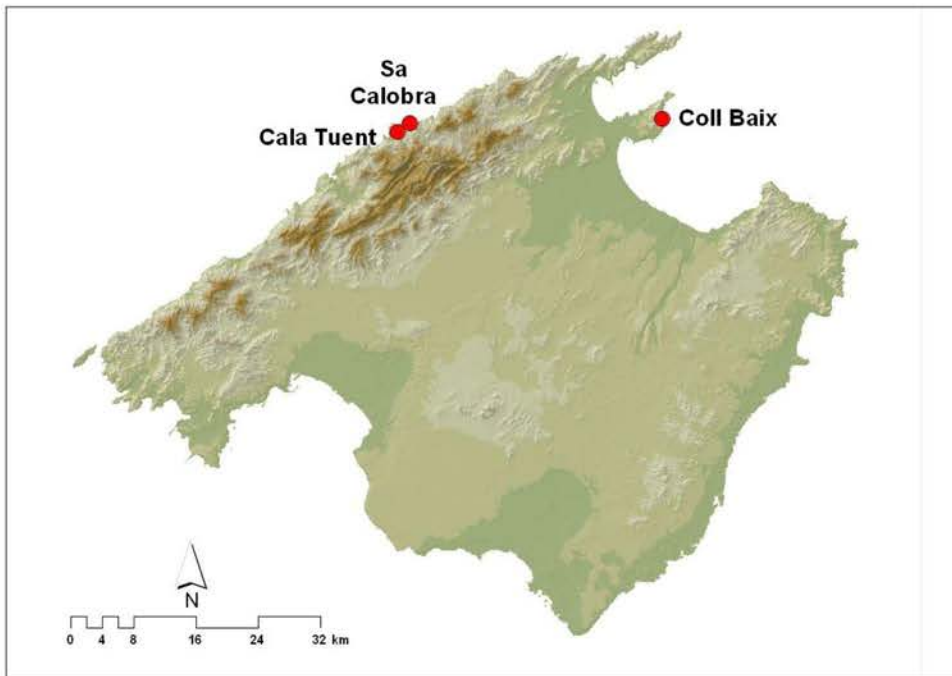
**Índex Oblat-Prolat:** Creat per Dobkins i Folk (1970) permet definir els valors d'aquelles partícules amb una molt baixa esfericitat. Com més negatiu sigui el valor, més oblada és la partícula, contràriament a sí el valor és més positiu, el qual representa un aspecte prolat.

### Materials i mètode

El sistema muntanyós de la Serra de Tramuntana conforma l'entorn on s'ubiquen les tres platges de còdols estudiades en el present treball. Es troben ubicades dins la part més septentrional d'aquesta. La platja del Coll Baix (Alcúdia) es situa dins la unitat geològica d'Alcúdia

(Gelabert, 1998). Els altres dos casos d'estudi (Cala Tuent i Platja de Sa Calobra o desembocadura del Torrent de Pareis), es troben enclavades dins el Terme Municipal d'Escorca, el més muntanyós de l'arxipèlag (Fig. 3). Condicionades aquestes per la presència de torrents força importants que drenen les seves aigües sobre la mateixa platja, Cala Tuent i Sa Calobra es diferencien de manera contundent al primer cas esmentat, tant per les conques que hi ha associades als cursos d'aigua com per l'estructura geològica i geomorfològica implicada.

La pluviometria que es registra als tres casos d'estudi és normalment força destacable, sobretot en els casos de Sa Calobra i Cala Tuent, ja que la seva



**Fig. 3.** Localització dels tres casos d'estudi a l'illa de Mallorca.

*Fig. 3.* Location of the three case studies in Mallorca.

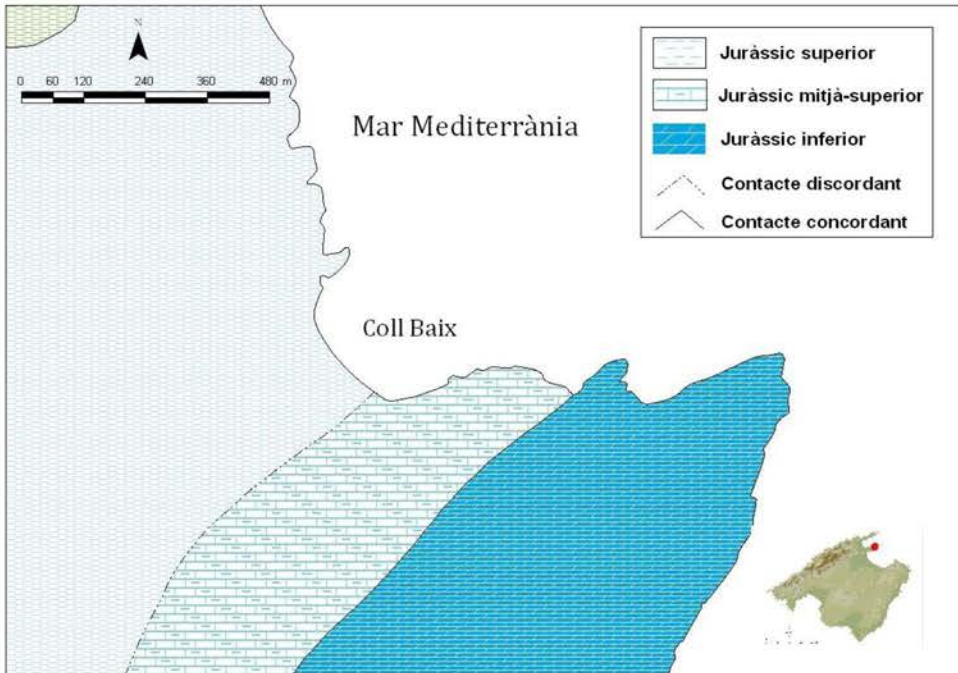
ubicació es troba dintre de la zona més plujosa de Mallorca pel que fa a intensitat, i també, als règims anuals. Aquesta precipitació pot superar fàcilment els 1200 mm a l'any. En el cas del Coll Baix, aquesta és bastant menor que en els altres casos, però segueix sent important pel que fa al drenatge d'aigua provinent dels vessants que conformen la unitat geològica d'Alcúdia.

**Coll Baix:** La platja del Coll Baix (Alcúdia, Mallorca) està rodejada per penya-segats de diferents materials, amb una longitud de 235 m i una amplada màxima aproximada de 80 m (en condicions de calma), que es disposa en una direcció NO-SE.

Aquesta zona es caracteritza per la presència d'una conca hidrogràfica de redu-

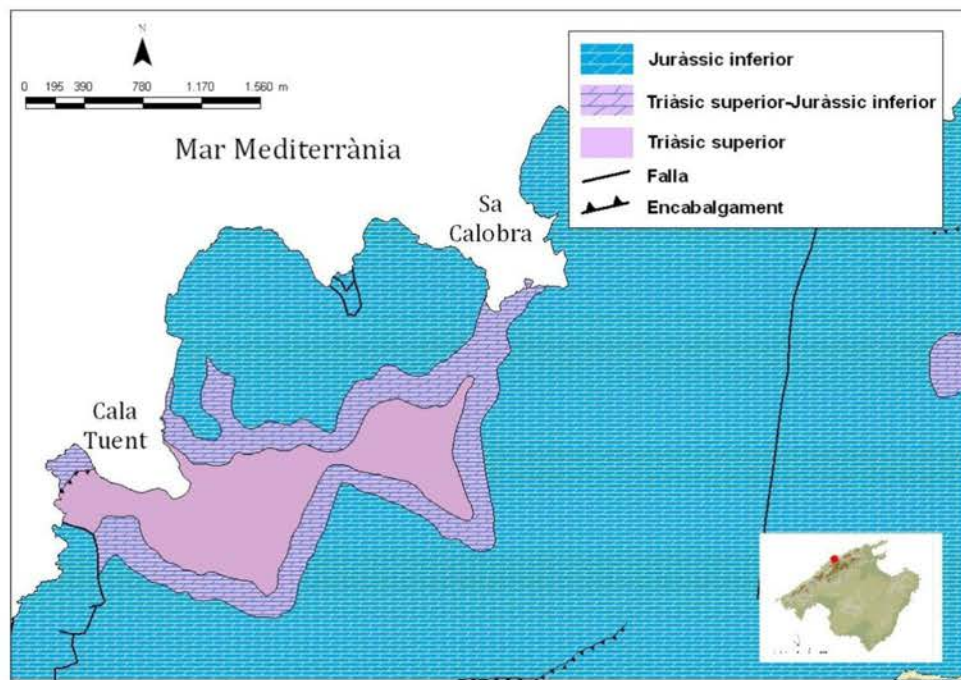
ïdes dimensions (aproximadament uns 0,37 km<sup>2</sup>), que desemboca les seves aigües a través d'un torrent penjat sobre la mateixa platja. D'aquesta conca, i dels penya-segats que rodegen l'àrea de la cala, provenen els materials que formen la mateixa. Es tracta de materials col·luvials de blocs amb matriu limolítica que es presenten en alguns casos en forma de colada o formes de vessant. A la part més alta de la conca en qüestió, trobem el límit del Dogger que presenta una seqüència de calcàries tabulades amb sílex, margues i calcàries noduloses. Els penya-segats associats a aquest ambient els formen les calcàries tabulades, calcàries noduloses i conglomerats del Malm (Juràssic Superior) (Fig. 4).

Pel que fa a les condicions marítimes,



**Fig. 4.** Mapa geològic de la zona propera al Coll Baix (Alcúdia).

**Fig. 4.** Geological map of the area near the Coll Baix (Alcúdia).



**Fig. 5.** Mapa estructural i geològic de la zona de Sa Calobra i Cala Tuent (Escorca).

*Fig. 5. Structural and geological map of the area Calobra and Cala Tuent (Escorca).*

aquesta platja es veu exposada a l'onatge predominant del NE, i en menor mesura al de direcció N. D'aquesta manera, la platja rep de forma perpendicular l'efecte de l'onatge en relació a la línia de costa, fet que sovint pot causar una deriva litoral en sentit NO-SE. Aproximadament, en el 85% dels casos, les ones no superen 1,5 m d'alçada (Hs). Els períodes tipus són molt variables, tot i que els existents entre 3,5 i 4 s són els més freqüents. Cal destacar que els mesos de tardor i hivern són els que enregistren més esdeveniments de temporal.

**Cala Tuent:** El codolar de Cala Tuent (Escorca, Mallorca) es disposa en sentit NE-SO, amb una longitud de 160 m i una amplada màxima de 40 m. Cala Tuent està situat a una zona amb presència de

materials del Keuper, pertanyent al Triàsic Superior. Litològicament, es tracta d'argiles, guixos, gresos, carniols i roques bàsiques ígnies. Part dels penya-segats que conformen la font d'alimentació dels materials que formen la platja daten del Triàsic superior i Juràssic Inferior. Són bàsicament dolomies taulejades, margues i carniols (Fig. 5). Un comentari a part, mereixen les roques de tipus volcànic que es troben a aquest cas d'estudi. Es tracta de diverses colades, amb materials piroclàstics associats, de composició basàltica, amb coloracions molt obscures i amb un accentuat grau de compactació (Enrique i Gispert, 1986).

La conca que té associada aquesta cala, que pot aportar material detrític a través del Torrent des Gorg des Diners, té una



superfície aproximada de 10 km<sup>2</sup>. Aquests materials els formen les calcàries i dolomies massives i bretxes del Juràssic, i en menor mesura, materials del Miocè Inferior (representat per fàcies de margues i gresos amb bretxes a la base) i Miocè Mitjà (amb conglomerats i arenisques i calcisilitites grises) (Fig. 5).

La platja es veu exposada a l'onatge predominant del NNE, per tant, sovint s'hi pot apreciar una deriva litoral en sentit NE-SO. Aproximadament en el 85% dels casos les ones no superen 1,5 m d'alçada (Hs). Durant els mesos de tardor i hivern és quan l'onatge esdevé més important, tot i que amb períodes tipus molt variables. No obstant, igual que en el cas del Coll Baix, el període tipus més freqüent es troba entre 3,5 i 4 segons.

**Sa Calobra:** La desembocadura del Torrent de Pareis, amb una conca d'aproximadament uns 48 km<sup>2</sup>, té lloc prop del Port de Sa Calobra, dins el municipi d'Escorca. El citat torrent, doncs, pot transportar materials del Juràssic Inferior (calcàries i dolomies massives i bretxes), del Juràssic Superior-Inferior (format per dolomies taulejades, margues i carnioles) i del Juràssic Superior (representat per argiles, guixos, gresos, margues, carnioles i roques bàsiques ígnies) (Fig. 5).

Els penya-segats que conformen els límits més propers a la platja, i que formen part d'una font d'alimentació important pel que fa al nodriment de la cala mitjançant material groller, estan formats pels materials més durs, del Juràssic Inferior.

La formació del torrent s'ha vist condicionada per les successives regressions de la Mar Mediterrània durant el Pleistocè i Pliocè així com també per un aixecament isostàtic d'aquest sector de Mallorca (Ginés i Ginés, 1991).

Aquesta platja es disposa en sentit ENE-OSO, amb una longitud d'uns 20 m i una

amplada màxima de 65 metres (entesa aquesta com la part emergida que pot veure's influenciada per l'onatge, i que és molt variable). Es veu exposada a l'onatge predominant de l'ENE i en menor mesura del NE, per tant sovint es pot apreciar una deriva litoral en sentit ENE-OSO. Aproximadament en el 80% dels casos, les ones no superen 1,5 m d'alçada (Hs). Durant els mesos de tardor i hivern, és quan l'onatge esdevé més important, amb períodes tipus, com en els demés codolars, molt variables.

Pel que fa a la vegetació existent als indrets estudiats, es troba únicament vegetació psammòfila (adaptada a viure sobre substrats sorrencs, com les platges o les dunes, litorals o continentals) en el cas del Coll Baix. Es tracta de lliri de mar (*Pancremium maritimum*) i d'*Euphorbia paralias*. A Sa Calobra i Cala Tuent viu una planta típica de finals de torrents, com és l'alloc, *Vitex agnus-castus*. El càrritx, *Ampelodesmos mauritanica*, està revoltant bona part de tots tres codolars.

Un cas a part presenta el cas dels gorgs de la desembocadura del Torrent de Pareis. Les algues i macròfits deuen la seva distribució als canvis en les condicions de salinitat i alcalinitat, que depèn del grau de proximitat a l'aigua de la mar, que sovint irromp en el sistema a través de filtracions subterrànies. Així, destaquen *Potamogeton* sp., *Fontinalis* sp. i *Chara* sp. que tenen preferències per alcalinitats elevades. Per altra banda, es troben vegetals halòfils com *Enteromorpha* sp., *Cladophora* sp. i *Chaetomorpha* sp. Finalment, adaptat a aigües salobreses i calmades, trobem la *Ruppia* sp. (Barceló et al., 2000).

## Resultats

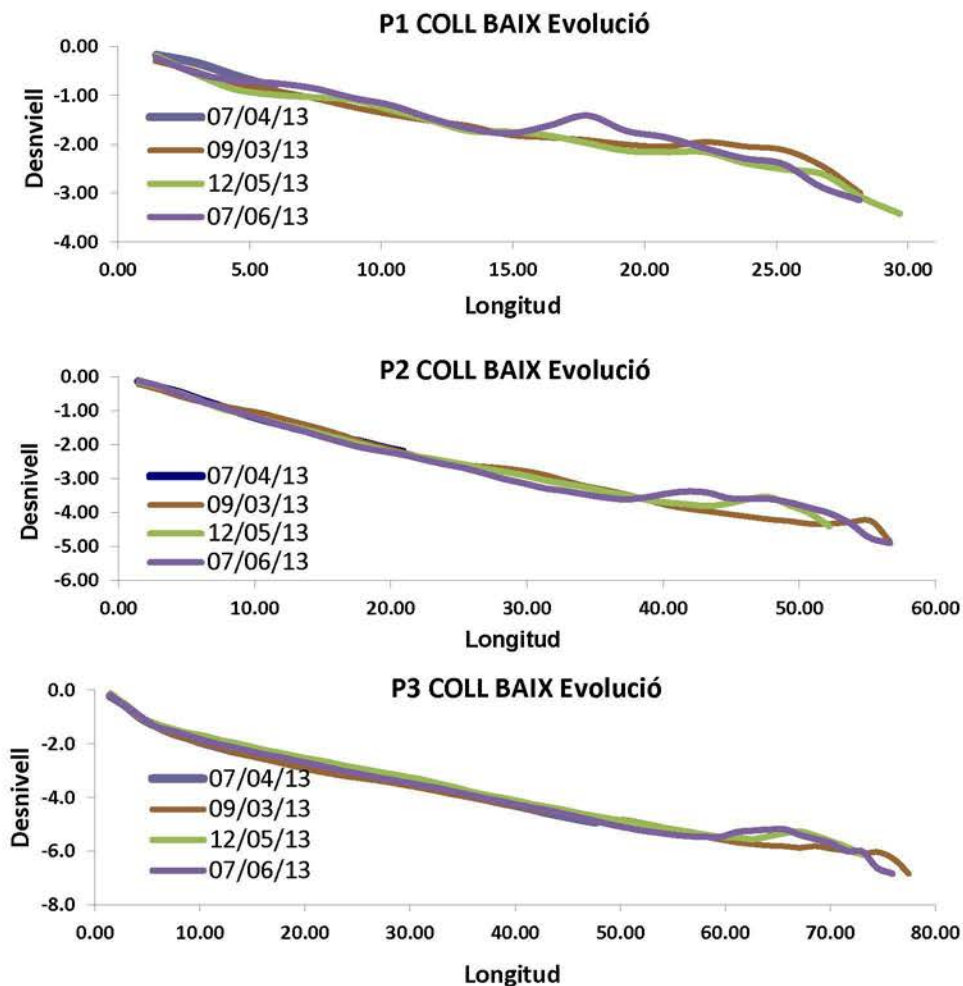
### Morfologia de platja

Els perfils realitzats als codolars estudiats representen la totalitat de la superfície

de cada platja, així com les variabilitats de cada un d'ells dintre del pas del temps, que com s'ha esmentat anteriorment es perllongà durant 4 mesos (març-juny).

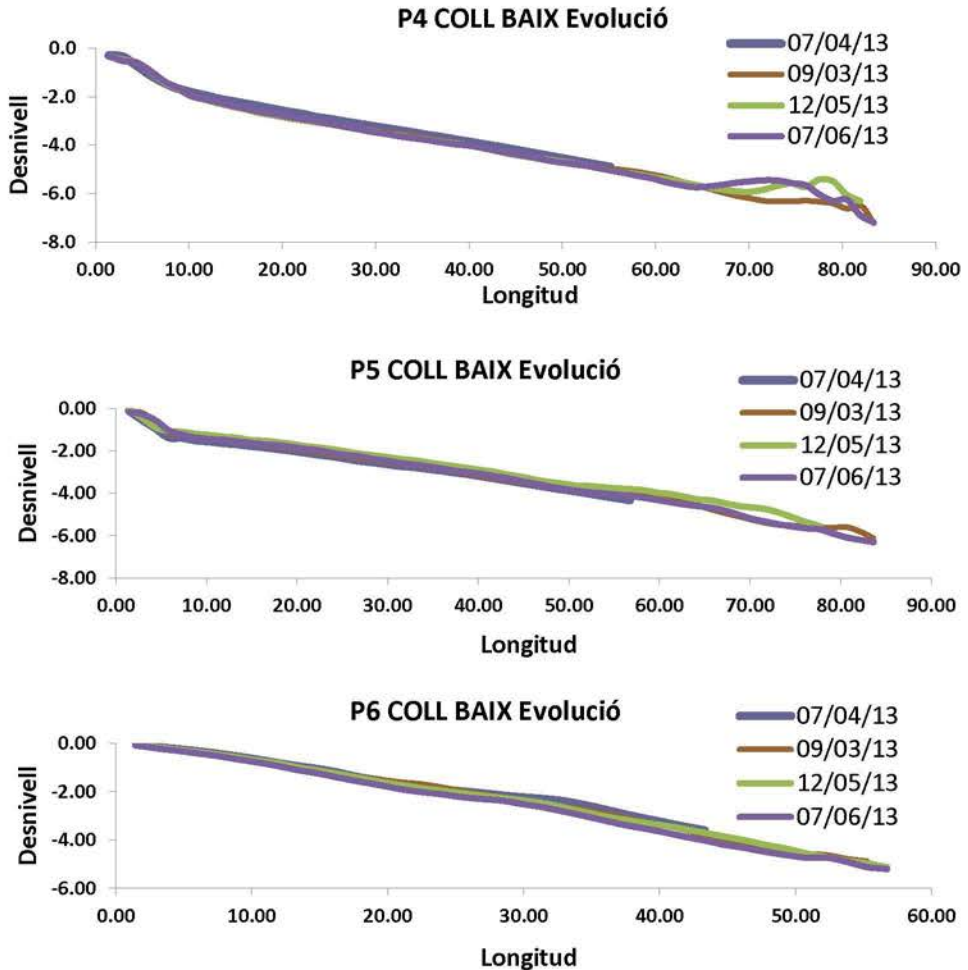
Els resultats es presenten a continuació: **Coll Baix:** En condicions de calma, la platja presenta amplades força diferents (Fig. 6), variable entre 30 m (P1) en

l'extrem més NO (més proper a Sa Mosquereta; veure Fig. 1) i 90 m (P3 i P4), a la part central. Per altra banda, a aquest darrer extrem, el més proper a Penya Miquel, és on hi trobem un menor canvi en el perfil de la cala, com a resposta als afectes de l'onatge i, per tant, gairebé



**Fig. 6a.** Perfils realitzats a la platja del Coll Baix on es mostra l'evolució de cada un d'ells entre els mesos de maig i juny de 2013.

*Fig. 6a.* Profiles made on the beach of Coll Baix showing the evolution of each month between May and June 2013.



**Fig. 6b.** Perfils realitzats a la platja del Coll Baix on es mostra l'evolució de cada un d'ells entre els mesos de maig i juny de 2013.

**Fig. 6b.** Profiles made on the beach of Coll Baix showing the evolution of each month between May and June 2013.

presenta els mateixos perfils durant els mesos estudiats.

En la segona campanya de realització de perfils a aquest cas d'estudi, es trobava en condicions de temporal. S'observà un important canvi en l'amplada de la platja i una gran zona de *swash*, el que feu

desaparèixer pràcticament qualsevol morfologia apreciable durant altres campanyes de camp. Aquesta, doncs, varià entre els 7 m (P1) i els 60 m (P3 i P4).

S'aprecia també en els perfils traçats el mes de maig i sobretot de juny els afectes del temporal amb la creació de bermes més

elevades (de fins a 2 m d'alçada des del nivell de la mar; P4), o bé amb un major número de bermes i amb major creixement terra endins (de fins a 10 m de llargària en el perfil 4 o fins a 13 m al Perfil 1). Més concretament als perfils 1 (Sa Mosquereta) i en la part central, es on trobem més canvis en la morfologia de la platja, en la zona de batuda de l'onatge. A la campanya de camp del darrer mes (juny) es varen poder comptabilitzar fins a 5 bermes en l'extrem més NO de la cala (Fig. 7), tot i que no s'apreciï de forma clara als perfils. El desnivell total de la platja pot arribar als 6 m al perfil 5 i fins a 7 m als perfils 3 i 4.

**Cala Tuent:** Els cinc perfils traçats a aquesta platja durant els 4 mesos de campanya de camp, mostren una major variabilitat a la part central (Fig. 8) i en el sector SO (prop de Sa Font de Sa Murtera). Per contrapartida, a l'extrem més NE de la platja, propera a l'aparcament, la variabilitat en els perfils és poc apreciable. En la seva part central es on hi trobem un major desnivell total de 4 m (P3).

En condicions de calma, la platja no sol superar els 40 metres d'amplada (Perfil 2),



**Fig. 7.** Fotografia del dia 7 de juny de 2013 on es mostren les 5 bermes al sector més ENE del Coll Baix.

*Fig. 7. Picture of June 7, 2013 showing the 5 berms in the sector ENE of the Coll Baix.*

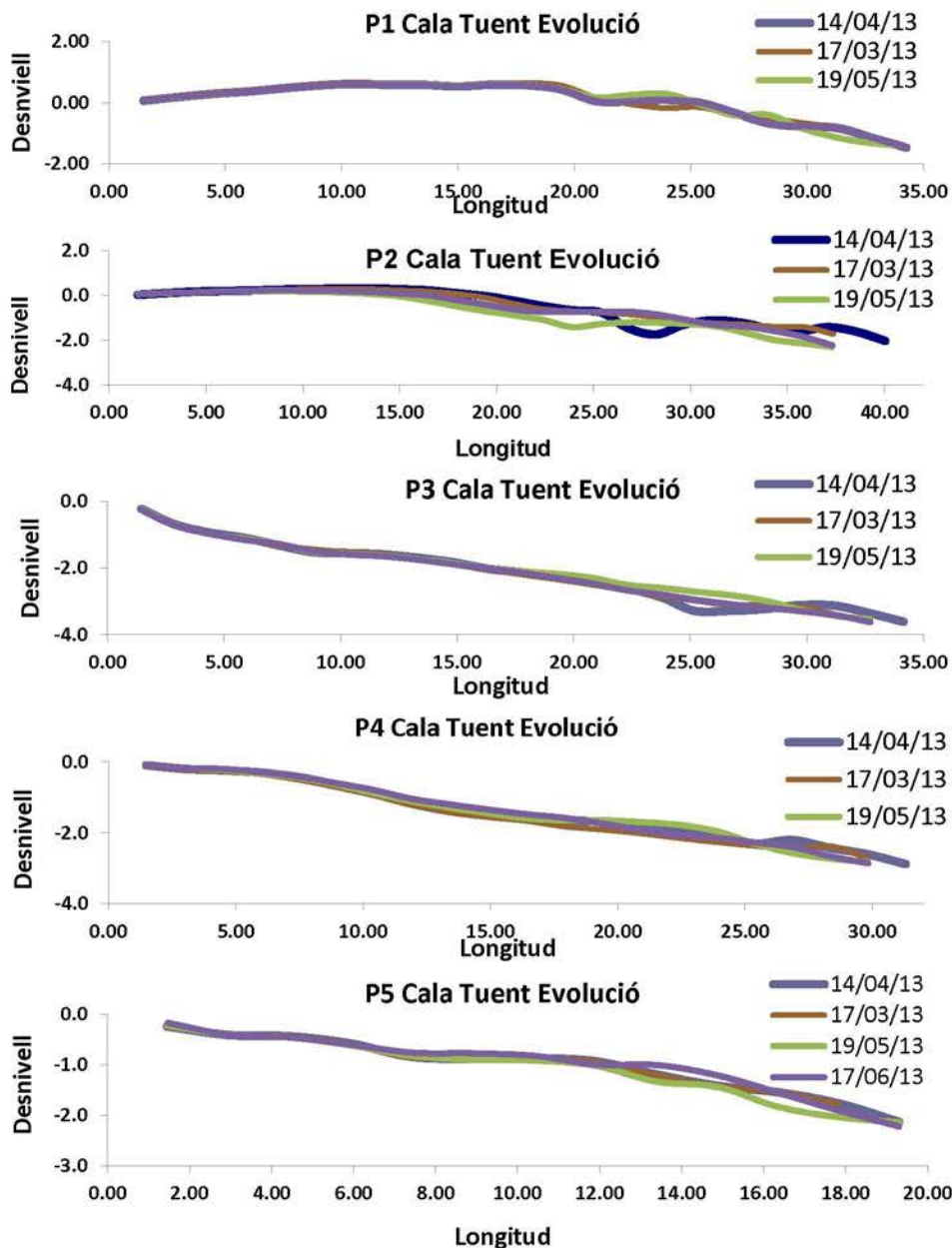


**Fig. 9.** Adalt fotografia del Torrent des Gorg des Diners, en el seu tram final travessant la platja (14/04/13). Abaix, la platja de Tuent on es poden apreciar *beach cusps* (19/05/13).

*Fig. 9. Upper photograph Torrent des Gorg des Diners, in its final stretch across the beach (04/14/13). On the base, the beach where you can see Tuent beach cusps (05/19/13).*

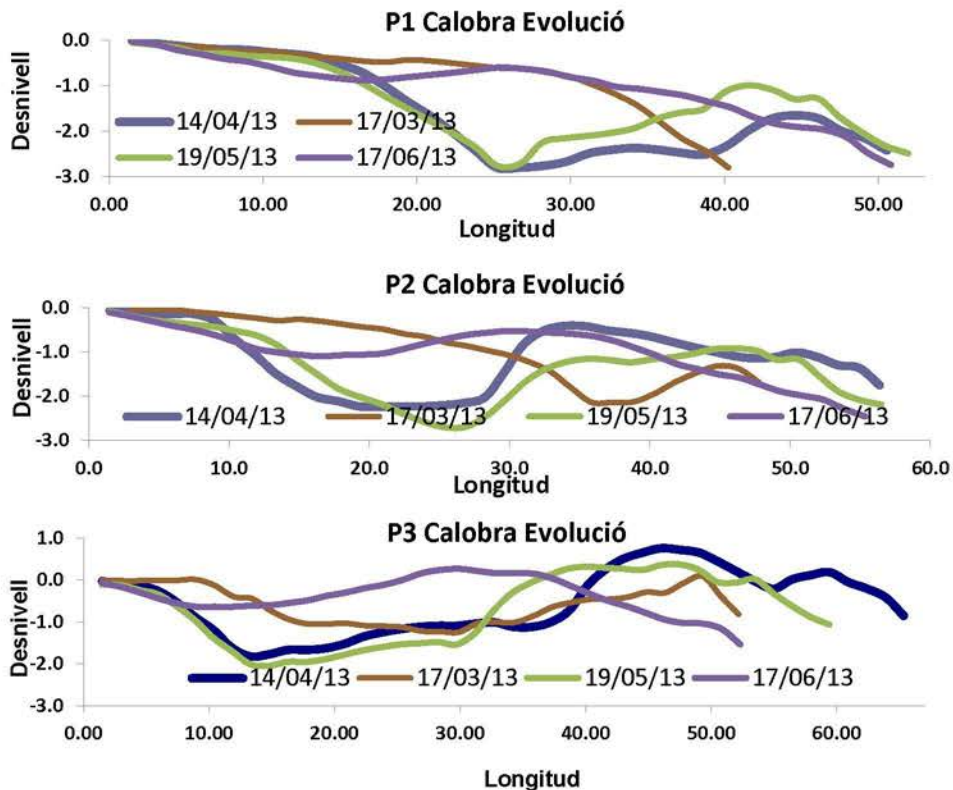
contrari als 20 m del perfil 5. En condicions de tempesta, la mobilització de sediments pot ser de gran importància. Tot i que d'una manera menys exhaustiva que en el cas de Sa Calobra, el Torrent des Gorg des Diners també juga un important paper en el modelat de la platja, podent desembocar les seves aigües per diferents punts de la línia de costa (Fig. 9).

Es veu en els perfils 2 i 3, doncs, el punt per on transcorria el curs d'aigua, que des del seu contacte amb la platja, aquest havia canviat la seva direcció en sentit SO-NE



**Fig. 8.** Perfils realitzats a la platja de Cala Tuent on es mostra l'evolució de cada un d'ells entre els mesos de maig i juny de 2013.

*Fig. 8.* Profiles made on the beach of Cala Tuent showing the evolution of each month between May and June 2013.



**Fig. 10.** Perfils realitzats a la platja de Sa Calobra on es mostra l'evolució de cada un d'ells entre els mesos de maig i juny de 2013.

*Fig. 10.* Profiles made on the beach of sa Calobra showing the evolution of each month between May and June 2013.

per a desembocar les seves aigües just rompent les morfologies de la zona de batuda de l'onatge. En tot cas, aquestes havien estat regenerades i en cap cas s'aprecià la desembocadura durant els dies de campanya de camp (Fig. 9). Les bermes apreciades més destacables superen 1,5 m d'alçada des del nivell de la mar i els 5 metres de longitud (P1).

Per tant, la combinació de l'onatge i el curs d'aigua associat, ens condicionarà molt l'escenari en qüestió, trobant diferents estadis depenent de la magnitud i durada d'aquests.

**Sa Calobra:** A aquest cas, on es varen traçar tres perfils, destaquem una forta variabilitat en la morfologia de la platja fruit del paper que juga el curs d'aigua a la seva superfície.

Amb la dificultat inherent, anteriorment comentada, d'establir quins són els límits de la platja, els perfils representats (Fig. 10) poden variar totalment de longitud (dels 67 m al perfil 3 als 50 m del perfil 1), depenent de per quina zona de la cala transcorre el torrent en el seu tram final.

El curs d'aigua, quan arriba a la desembocadura, pot transcorre de manera

rectilínia, de forma perpendicular a la línia de costa. Per altra banda, com passà durant els mesos estudiats, el torrent entra en el seu tram final pel sector més ENE, i creua a l'altre extrem de la seva desembocadura per abocar les aigües a la mar (Fig. 11). Aquest fet, causa la creació d'una gran barrera d'acumulació de còdols que pot superar els 10 metres de longitud (P3) i amb altures de fins a 2 metres (P2). El desnivell total apreciable és de 3 metres en els perfils 2 i 3.

També es detecten canvis força importants en els trams més propers a la batuda de l'onatge i per tant s'aprecia la resposta d'aquesta àrea als afectes del mateix. S'aprecien bermes amb pendents pronunciades. (Fig. 10). El mes de juny, per contrapartida, corresponent a la darrera campanya de perfils, es veu una suavització en els 3 perfils ja que el drenatge de les aigües havia finalitzat, com també per les formes de la zona de batuda de l'onatge, també més discretes.

L'amplada màxima de la platja varia entre aproximadament els 50 metres a l'extrem més OSO (proper a Sa Nau) i els 65 metres a l'extrem ENE (proper a Es Tormàs).

Per tant, a aquests dos casos (Cala Tuent i desembocadura del Torrent de Pareis), es pot establir certa diferenciació estacional, fonamentada en les clares èpoques plujoses típiques del clima mediterrani que afecten aquesta àrea.

### **Mida de gra**

Pel que fa a les fraccions més fines, aquelles que han estat passades pels tamisos, aquests són els resultats obtinguts:

#### **M1 (Coll Baix)**

El sediment de la Mostra 1 pertany a la duna adossada al penya-segat, sobre el Perfil 4 (CB P4). Aquests es divideixen en un 79,5 % d'arenas mitjanes, un 11,4%

d'arenas gruixudes i un 8,5 % de graves fines.

#### **M2 (Coll Baix)**

En aquest cas, la Mostra 2 fou analitzada sobre el Perfil 6 (CB P6). La formen en un 76,9 % graves fines i en un 23,1% arenas gruixudes.

#### **M3 (Calobra)**

L'única mostra de sediments que vàrem passar pel tamís en el cas de Sa Calobra, està ubicada sobre el Perfil 2 (CA P2). Està



**Fig. 11.** Sa Calobra (desembocadura del Torrent de Pareis). Adalt es veu com el curs d'aigua romp el torrent (17/03/13) abaix com s'ha estabilitzat la platja (17/06/13).

**Fig. 11.** Sa Calobra (mouth of the stream Torrent de Pareis). On top the river breaks torrent bar (03.17.13) and down we show a stabilized beach barrier (06/17/13).

M4 (Tuent)  
formada per graves fines (80,5%) i gruixades (19,5%).

La primera mostra tamisada de Cala Tuent està obtinguda entre els Perfils 4 i 5 (TU P4 i TU P5) sobre la 3<sup>a</sup> berma que s'apreciava el dia del mostreig. Està representada en un 10,2 % per graves fines, en un 56,4 % per arenas gruixudes, en un 31,7 % per arenas mitjanes i en un 1,7 % per arenas fines.

#### M5 (Tuent)

El mateix dia que l'anterior, es va agafar l'altra mostra a tamisar, també entre els Perfils 4 i 5 (TU P4 i TU P5), però aquesta entre les bermes 2 i 3, apreciables aquest dia de camp. Els percentatges són els següents: 99,8 % de graves fines i 0,2 % d'arenas gruixudes.

Dels resultats anteriors (Taula 1) es percep que, pel que a fa a la mida dels sediments, aquests són majors en el cas de Cala Tuent i Sa Calobra envers al Coll Baix. Cal destacar però, que dintre del Coll Baix, on hi trobem els sediments més fins, també es troben còdols que superen els 40 mm de mitja. No obstant, els valors relatius a la forma presenten índex d'arrodoniment

més baixos que en els altres dos casos d'estudi, amb l'excepció de la mostra CB3.

Pel que fa a Cala Tuent, les mostres de sediments grolleres presenten les tres mides força importants, com també unes fraccions més grans pel que fa a les mostres tamisades.

No presenten tampoc índex d'arrodoniment força distint. En canvi, si difereixen pel que fa a l'índex Oblat-Prolat, sent la TU3 l'única de totes les mostres dels tres codolars que presenta un valor positiu en aquest paràmetre.

Finalment, a Sa Calobra, destaquem la gran diferència en la mida dels còdols a dues mostres que es trobaven molt prop una de l'altra (CA1 i CA2), però que a l'hora presenten índex d'arrodoniment de Wadell força semblants.

#### *Anàlisi de la forma*

L'anàlisi de la morfologia de les partícules mostrejades en derivarà en un diagrama de Zingg el qual, a través de la mesura dels eixos ortogonals dels còdols, servirà per a conèixer la seva forma, poden variar aquesta entre quatre tipus: discoïdal, esfèrica, laminar i cilíndrica (Fig. 12).

	Coll Baix			Cala Tuent			Sa Calobra		
	CBI	CB2	CB3	TU1	TU2	TU3	CA1	CA2	CA3
Mitjana (mm)	14,71	8,28	43,07	45,92	29,1	51,55	31,84	16,54	38,18
Mediana (mm)	14,14	8,19	41,47	42,03	27,41	49,52	30,69	16,51	36,49
Kurtosis	0,77	2,8	1,77	9,3	4,97	0,93	0,16	-0,53	1
Falta de simetria	0,78	0,43	1,05	2,56	1,79	1,04	0,72	0,09	0,1
Mida de gra (phi)	14,71	8,28	43,07	45,92	29,1	51,55	31,84	16,54	38,18
Arrodonimet Wadell	0,47	0,44	0,56	0,57	0,58	0,6	0,59	0,59	0,62
Proj. Màx Esfericitat	0,55	0,51	0,63	0,64	0,65	0,68	0,66	0,67	0,69
Índex Oblat-Prolat	-0,08	-0,03	-0,07	-0,12	-0,06	0,1	-0,08	-0,04	-0,1

**Taula 1.** Paràmetres estrets del càlcul dels tres eixos principals dels còdols de cada mostra.

**Table 1.** Parameters calculation result of the three main axes of pebbles each sample.



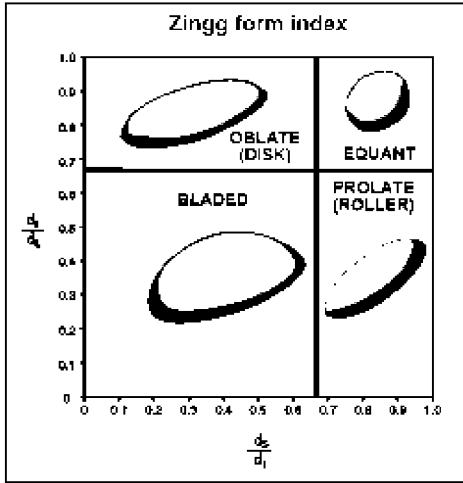


Fig. 12. Diagrama de Zingg mostrant la classificació de la forma de les partícules i la seva terminologia (Cheel, 2005).

Fig. 12. Zingg diagram showing the classification of particle shape and its terminology (Cheel, 2005).

**Coll baix:** Al Coll Baix, es veu un cert predomini en les formes discoïdals en les tres mostres analitzades (Fig. 13). En la CB1 (en el centre de la cala, gairebé adossada al penya-segat), es veu certa presència de formes laminars, i en menor representativitat les formes cilíndriques. Gairebé inapreciables, les esfèriques.

En la CB2, també en el centre de la platja, però més prop de la zona de batuda de l'onatge, juntament amb les discoïdals, les laminars són les úniques formes destacables.

En el cas de la mostra CB3 (en l'extrem més proper a Sa Mosquereta), és l'únic cas on hi trobem força presència de formes esfèriques. És la mostra més heterogènia pel que fa a la forma.

**Cala Tuent:** Cala Tuent, es diferencia força del cas anterior (Fig. 14). En aquest cas, les formes esfèriques són les més freqüents, sent les altres formes igual de representatives entre elles, en el cas de TU1

i TU2. L'única petita diferència entre les dues mostres (TU 1 i TU 2) és la menor presència de formes cilíndriques en la TU2. Fou analitzada entre els Perfils 4 i 5, a la part més allunyada de la línia de costa. Aquestes dues són gairebé idèntiques, però presenten mides mitjanes molt diverses.

Diferint força de les altres dues, trobem la mostra TU3, analitzada sobre la meitat del trajecte del Perfil 1, el més proper a l'extrem de Sa Font de Na Murtera. Aquesta presenta, igual que les demés, una forta presència de formes esfèriques, però que es veu superat per la gran representativitat de les formes discoïdals, sent les demés formes menys freqüents que a les altres dues mostres de Cala Tuent.

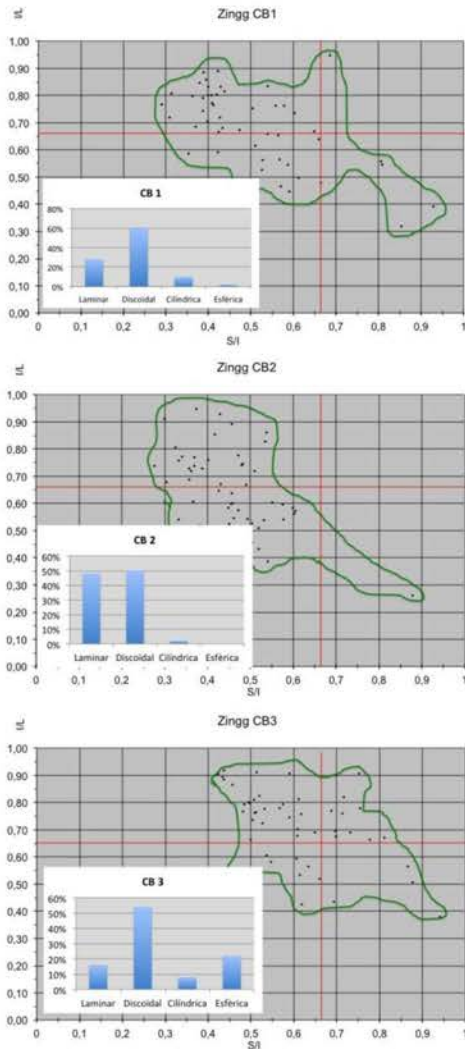
**Sa Calobra:** En el cas de Sa Calobra (Fig. 15), igual que en el Coll Baix (Fig. 13), la forma discoïdal és altra vegada la més freqüent (entorn al 50%) en les tres mostres analitzades. La mostra CA1 i CA2 (en el centre de la zona estudiada), es troben molt properes entre elles, però en canvi, pel que fa a les altres formes (a part de les mides), es diferencien força entre elles.

Així, es pot apreciar una major representativitat de la forma laminar a la CA1, mentre que a la mostra CA2, les cilíndriques i les esfèriques guanyen importància.

La mostra CA3, recollida al principi del Perfil 1, més proper a l'entrada a s'Olla de Sa Calobra, a part de la discoïdal, es pot trobar un important nombre de formes esfèriques.

## Discussió i conclusions

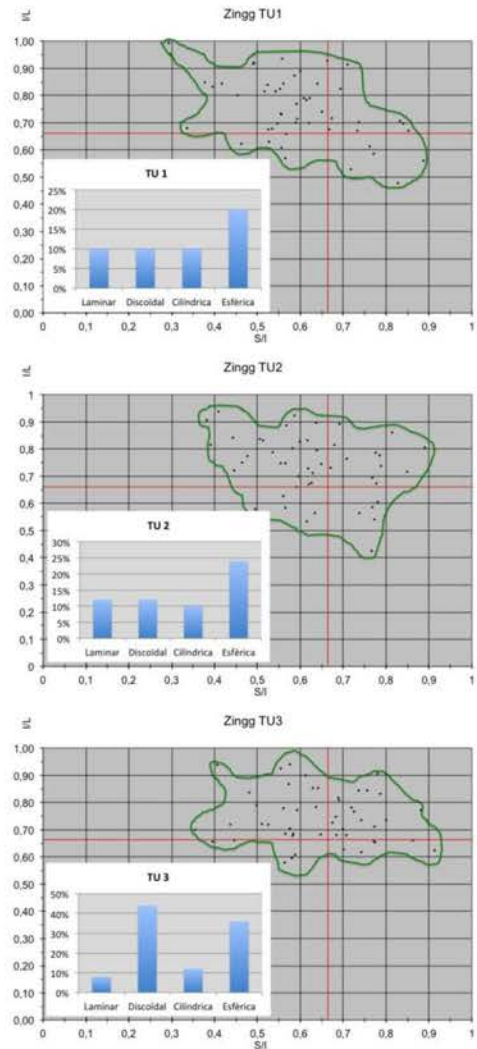
Fruit dels resultats, es poden extreure varies reflexions i conclusions generals i particulars sobre aquests tres ambients: Primer de tot, cal destacar la gran variabi-



**Fig. 13.** Diagrames de Zingg de les tres mostres de còdols analitzades al Coll Baix.

**Fig. 13.** Zingg diagrams of the three samples analyzed pebbles of the Coll Baix.

litat d'aquests tres casos d'estudi, tant de l'estat marítim, com per les diverses textures que trobem en els sediments que conformen les platges, en un estadi concret. Això, se li suma el distint grau d'impacte dels diferents agents modeladors sobre la



**Fig. 14.** Diagrames de Zingg de les tres mostres de còdols analitzades a Cala Tuent.

**Fig. 14.** Zingg diagrams of the three samples analyzed pebbles of the Cala Tuent.

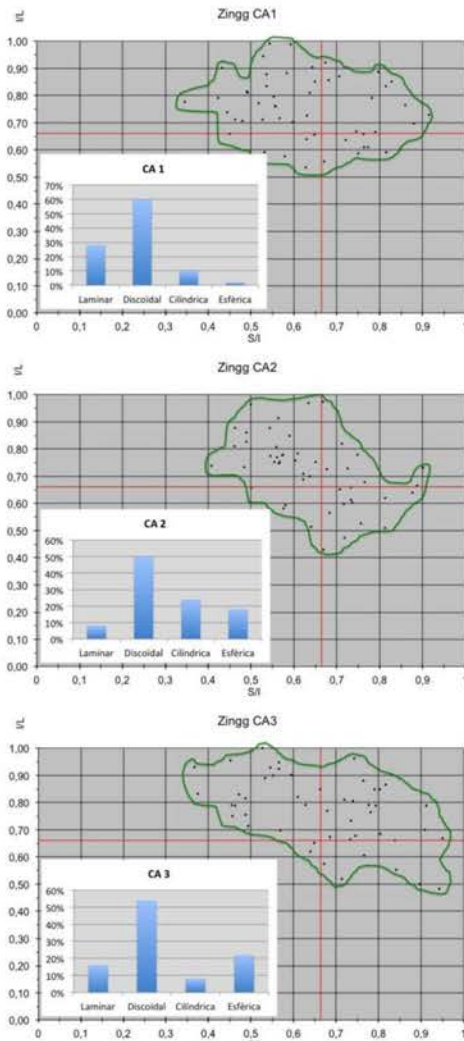
geomorfologia existent i la seva durada en el temps o l'estacionalitat. Això, permet destacar certes morfologies típiques d'aquests ambients. Trobem així, formes dunars com són els *ripples* (en el cas del Coll Baix) fruit de l'afecte del vent, bermes

de temporal a les zones de *swash*, formacions en cúspide (*beach cusps*) en el cas del Coll Baix i Cala Tuent (més comú sobre grava influenciada per corrents de baixa energia); veure figura 16, com també



**Fig. 16.** Es Coll Baix on es mostren les formes en cúspide (12/05/2013).

**Fig. 16.** Es Coll Baix showing the peak shapes (12.05.2013).



**Fig. 15.** Diagrames de Zingg de les tres mostres de còdols analitzades a Sa Calobra.

**Fig. 15.** Zingg diagrams of the three samples analyzed pebbles of the Sa Calobra.

formes torrencials sobre la mateixa platja fruit del desembocadura de les aigües dels cursos d'aigua associats (en el cas de Cala Tuent i especialment a Sa Calobra).

En el cas de Sa Calobra, el curs d'aigua pot presentar formes de meandres en el seu tram final, en el mateix temps que va perdent energia, donant com a resultat un ampli ventall d'estadis possibles en la seva desembocadura. Les basses que hi trobem es comunicaran entre elles depenent de les irregulars entrades d'aigua tant pel torrent, com per infiltracions marines. Contràriament, l'estació seca divideix i individualitza els gorgs, amb la seva dessecació total en molts casos.

Com bé apunten Jennings i Shulmeister (2002), les platges de grava cobreixen un ampli ventall de morfologies i poden presentar una àmplia varietat de comportaments sedimentològics i tenir lloc en distintes condicions ambientals. Conseqüentment, no està del tot clar si les platges de grava poden ser adequadament classificades com a reflectives, especialment considerant el seu poc percentatge de reflexió de l'onatge, del 10%, calculat per Powell (1990) en una platja de grava.

Amb els casos de Cala Tuent i sobretot de Sa Calobra, destaca que enfront a les platges d'arena, les formes de la zona de *swash* són més permanents com més gran és el gra que compona la platja, ja que més permeable es torna aquesta. Com a resultat doncs, els índexs de percolació són majors, resultant amb una disminució dels corrents de retorn, dificultant així, el transport en sentit terra-mar (Oak, 1984).

Tot i conèixer, doncs, la resposta de la platja i la seva morfologia en relació als afectes de l'onatge i altres agents com són els cursos d'aigua associats, és més desconegut l'afecte invers. La falta de coneixement sobre l'afecte de les platges enfront a l'onatge és més bé escàs. Demostrem a través dels perfils realitzats, també, que a les platges de graves, els canvis en les morfologies i per tant el transport, es dona gairebé exclusivament, a la zona de *swash*.

S'ha permès apreciar que les formes més abruptes esdevenen on el sediment és més groller envers a les formes totalment suavitzades de les àrees amb sediment més fins. Comprovat a través dels perfils traçats, Zencovich (1967) ja destaca que com més gran és el sediment, més escalonada és la platja. L'arrodoniment també pateix certa gradació en el mateix sentit que la mida. Per tant, aquests dos paràmetres estan força relacionats. A major mida del sediment, major arrodoniment i més ens acostem a la màxima esfericitat. Això es demostra en el cas del Coll Baix i Cala Tuent, en sentit lateral, sent el cas de Sa Calobra l'excepció. En el cas de Sa Calobra, sols podem establir que els sediments més fins (codolins), els trobem més propers a la línia de costa, mentre que a mesura que ens allunyem, els còdols van augmentant les seves dimensions, com també el seu arrodoniment (diferenciació relativa al diferent grau de competència dels

mateixos). Per tant, a aquest cas, aquesta evolució es dona des de la línia de costa mar endins.

Per tant, pel que fa a les partícules, en els tres casos l'arrodoniment es força visible en totes les mostres analitzades. Tot i ser important l'abrasió que sofreixen els sediments a les platges de còdols, però sense apreciar-hi un gran nombre formes de trencament o ruptura de les partícules. Aquest aspecte sí es dona a mesura que s'augmenta la mida del sediment (Bluck, 1969). Dobkins i Folk (1970) també apunten que a les platges de còdols, tot i la important col·lisió entre uns còdols i altres, aquests no es veuen romputs.

El nivell de simetria de les mostres analitzades presenta valors positius en tots els casos pel que fa a còdols. No obstant, dintre de les mostres tamisades, mostren aspectes més simètrics. Això pot donar-se a causa d'una major retenció dels sediments més fins dintre de les mostres tamisades, enfront a una selecció més discriminatòria en les mostres de còdols. Això també es pot veure afectat, per la metodologia escollida, ja que en tot moment hem escollit les mostres de la superfície.

Com s'ha comentat anteriorment, un aspecte important, és la comparació entre els dos paràmetres més importants de les partícules: mida i forma. Segons Williams i Caldwell (1988), les formes laminars i discoïdals, són predominants als sediments més petits, mentre que les cilíndriques i les esfèriques, més freqüents en sediments de mides més grosses.

Pel que fa al Coll Baix, es constata la teoria d'aquests autors al veure que a les mostres CB 1 i CB 2 les formes predominants són les primeres, mentre que les segones són gairebé inexistents. Així, a la CB 3, augmentant la mida, tot i un predomini de les discoïdals, les esfèriques guanyen representativitat. A Cala Tuent, les

mostres que a gran trets presenten mides més grolleres, les formes esfèriques són les més representatives. En particular a Sa Calobra, les formes discoïdals segueixen sent les predominants, tot i un augment en la fracció de les formes esfèriques envers a les demés, sobretot a la mostra que si presenta mides més grans.

Els perfils també demostren que els esdeveniments tempestuosos impliquen un major retreballament dels sediments més grollers mar endins. Això deixa al descobert aquells sediments més fins, donant lloc a perfils més suavitzats, amb pendents gairebé sense canvis de gradient, molt visible en el cas del Coll Baix amb una zona de *swash* de grans magnituds. Aquest fet, fa que la platja es torni més dissipativa que en altres estadis. També s'ha demostrat, en el cas del Coll Baix, com bé apuntaven els mateixos Espinosa i Martínez (2007), que l'afecte de l'onatge pot afectar a la totalitat de la platja.

Així, es confirmen les conclusions extretes per part de Wright i Short (1984) qui destaquen que les platges més intermèdies (entre dissipatives i reflectives) són les més dinàmiques pel que fa a la resposta enfront a l'efecte de les ones, i per tot això, tendeixen a ser les més vulnerables en relació a l'erosió potencial en la zona de batuda de l'onatge.

Bluck (1967), amb la voluntat d'establir una classificació de les platges, identificà dos patrons molt distints pel que fa a comportaments sedimentaris depenent de la magnitud en l'energia de l'onatge. Ho divideix en alta i baixa energia. Orford (1975) testejà el model de Bluck i confirmà (com es pot comprovar en el cas del Coll Baix), que ambdós comportaments sedimentaris es poden donar en una mateixa platja.

Segons Bluck (1967) les formes discoïdals i les laminars són les més

freqüents a les platges de graves. Això queda més que demostrat en el cas del Coll Baix, sobretot en les zones amb sediments més fins. Les discoïdals també predominen en les mostres més fines de Cala Tuent.

Un altre aspecte a tenir en compte quan es treballa amb processos que afecten sobre la morfologia de la platja i la distribució del sediment depenent de la forma i la mida és la batimetria. En cap cas, el fons marí, i els canvis en el seu relleu, no sembla que juguin un paper important en l'afecte desigual de l'onatge sobre les platges.

La deriva litoral és un factor a tenir en compte, com a condicionant en la distribució del sediment, però que ni al Coll Baix ni a Sa Calobra podem establir que sigui incident. A més, en el cas de Cala Tuent, la deriva litoral esdevé en sentit contrari de la gradació en la mida del sediment. Aquest fenomen, pot respondre a l'existència de material més dur i de majors dimensions provinent del drenatge de les aigües que efectua el Torrent des Gorg des Diners. No obstant, semblen força retreballats per l'onatge que es presenta de forma important sobre la zona de batuda. Aquest fet, està constatat per un major predomini de formes discoïdals tot i la importància de les formes cilíndriques, que predominen també dintre de les altres mostres analitzades.

Totes aquestes conclusions ens permeten poder extreure les diverses evolucions que han patit aquests indrets. Sobretot és important remarcar quines són les fonts d'alimentació que han permès crear aquestes zones d'acumulació.

Així, la platja del Coll Baix està formada pels sediments que provenen del desmantellament del penya-segats que envolta tota la platja, on es troben en els dos extrems de la mateixa, l'acumulació de grans blocs. Tot i que en menor mesura, però no per això menys important, cal

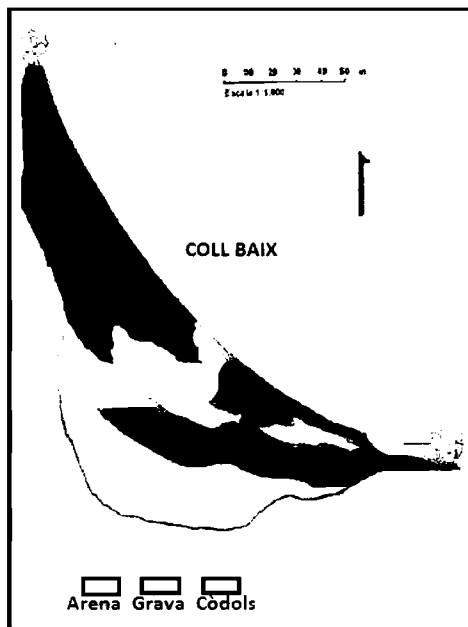
destacar el paper que juga el torrent penjat pel que fa a l'aport de sediment a la part meridional de la platja.

Aquests fragments provinents dels relleus escarpats dels voltants, són retreballats per les ones, i que sovint amb l'ajuda d'una certa deriva litoral, així com es guanya competència, el sediment va sent transportat en sentit SE. Sí bé els penya-segats es troben gairebé en tot el perímetre de la cala, la diferència de mida en la seva distribució, la relacionem amb els materials que conformen aquests relleus. Els materials que formen els penya-segats de la part més elevada de l'extrem de Sa Mosquereta, són més durs que la resta de materials, el que crea unes fraccions de majors dimensions que en els demés materials.

Per tant, els materials més durs, i en conseqüència de major mida, romanen prop de la font d'alimentació, mentre que els més fins pateixen un transport en direcció NO-SE.

El mapa presentat per Espinosa i Martínez (2007) sobre la zonació de la platja del Coll Baix en relació a la textura del sediment, demostra aquesta evolució que ha patit aquest indret (Fig. 17).

Paregut al cas del Coll Baix, és la platja de Cala Tuent, on a l'extrem més SO de la cala, s'aprecien acumulacions importants de blocs, fruit del desmantellament dels penya-segats confrontants. El torrent que aporta materials de relleus llunyans i molt diversos, és un dels principals agents distribuïdors d'aquests com també un important modelador del codolar en sí. En el cas de Sa Calobra, els sediments que trobem a la platja, poden provenir de varis quilòmetres enfora, com també de la mateixa zona de desembocadura (s'Olla). Aquesta àrea es veu afectada per fractures de profunditats i longituds destacables, amb relleus força escarpats, rectilinis, o bé amb



**Fig. 17.** Mapa de zonació del Coll Baix en relació a la mida dels sediments, segons Espinosa i Martínez (2007).

*Fig. 17. Zonation map of the Coll Baix in relation to the size of the sediments, as Espinosa and Martínez (2007).*

formacions de ventalls, més típics de vessants fluvio-torrencials.

Per tant, estudiant aquests tres ambients de codolars podem establir a grans trets, importants conclusions sobre el comportament d'aquests tipus d'ambient, permetent una anàlisi comparativa entre els tres i entre aquests sistemes amb els estrictament arenosos.

## Bibliografia

- AEMET, Agencia Estatal de Meteorología. [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- Barceló, R., Moreno, J. Ll. i Rosselló, F. 2000. Dinàmica de les variables físiques i químiques dels gorgs finals del Torrent de

- Pareis (NW de Mallorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 43: 121-129.
- Bluck, B.J. 1967. Sedimentation of beach gravels: examples from South Wales. *J. Sed. Petrol.*, 37: 128-156.
- Dobkins, J.E. i Folk, R.L. 1970. Shape development o Tahiti-Nui. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40, 1167-1203.
- Enrique-Gispert, P. 1986. Nota sobre les roques hipabissals de la Serra de Tramuntana de Mallorca: algunes característiques petrogràfiques i geoquímiques. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 19-50.
- Espinosa, M. i Martínez, J. M. 2007. Variación morfológica y textural de una playa de cantos adosada a un importante relieve estructural (es Coll Baix, Serra de Tramuntana, N Mallorca). In: Gómez-Pujol, L. i Fornós, J. J. (eds). Investigaciones recientes (2005-2007) en Gemorfología Litoral. UIB, IMEDEA, SHNB, SEG, 95-99.
- Gelabert, B. 1998. La isla de Mallorca dentro del contexto geológico del Mediterráneo Occidental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6(2): 102-114.
- Ginés, A. i Ginés, J. 1991. *III Jornades de camp de geografia física*. Dept. Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears.
- Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB). [www.ideib.es](http://www.ideib.es)
- Jennins, R. i Shulmeister, J. 2002. A field classification scheme for gravel beaches. *Marine Geology* 186, 211-229.
- Mir-Gual, M. 2009. Modificaciones del perfil de playas en las Islas Baleares (playas de Can Picafort y Es Comú de Muro). *Investigaciones Geográficas*, 50:191-207.
- Oak, H.L. 1984. The boulder beach: A fundamentally distinct sedimentary assemblage. *Annals of the Association of American Geographers*, 74: 71-82.
- Orford, J.D. 1975. Discrimination of particle zonation on a pebble beach. *Sedimentology*, 22, 441-463.
- Puertos del Estado. [www.puertos.es](http://www.puertos.es)
- Rodríguez-Perea, A., Servera, J. i Martín-Prieto, J.A. 2000. *Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada: Informe METADONA*. Col·lecció Pedagogia Ambiental, 10. Universitat de les Illes Balears. 110 pp.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. i Mir, M. 2013. Origen i dinàmica de la platja d'es Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 47-62.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A. i Pons, G.X. 2009. Soft management of beach-dune systems as a tool for their sustainability. *Journal of Coastal Research*, SI 56: 1284-1288.
- Servera, J. 2004. *Geomorfologia del Litoral de les Illes Balears*. Palma de Mallorca, Edicions Documenta Balear.
- Sneed, E.D. i Folk, R.L. 1958. Pebbles in the lower Colorado River, Texas: a study in particle morphogenesis. *Journal of Geology*, 66: 114-150.
- Wadell, H. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 40: 443-451.
- Wadell, H. 1933. Sphericity and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 41: 310-331.
- Wadell, H. 1935. Volume, shape, and roundness of quartz particles. *Journal of Geology*, 43: 250-279.
- Wentworth, C.K. 1922a. A method of measuring and plotting the shapes of pebbles, *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 730 (C): 91-102.
- Wentworth, C.K. 1922b. The shapes of beach pebbles. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 131C: 75-83.
- Williams, A.T., Caldwell, N.E. 1988. Particle size and shape in pebble-beach sedimentation. *Mar. Geol.*, 82, 199-215.
- Wright, L.D. i Short, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Mar. Geol.*, 56: 93-118.
- Zenkovich, V.P. 1967. *Processes of Coastal Development*. Steers, J.A. (edit.). Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 738 pp.
- Zingg, T. 1935. Beiträge zur Schotteranalyse. *Schweiz. Min. pet. Mitt.*, 15: 39-140.





# Conservation approach of a front dune system through the study of its blowouts (Cala Agulla, Mallorca)

Miquel MIR-GUAL, Guillem X. PONS, Bernadí GELABERT,  
José Ángel MARTÍN-PRIETO and Antonio RODRÍGUEZ-PEREA

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Mir-Gual, M., Pons, G.X., Gelabert, B., Martín-Prieto, J.Á. and Rodríguez-Perea, A. 2014. Conservation approach of a front dune system through the study of its blowouts (Cala Agulla, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 79-103 ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Most of the beach-dune systems in the western Mediterranean today show an important state of fragmentation with obvious signs of erosion, largely because of blowouts on the dune front. Blowouts were studied in the dune front of the Cala Agulla beach-dune system (Mallorca, Spain) in order to better understand and quantify the backward dune movement over the last decades. A spatiotemporal analysis taking into account the boundary drawn by the vegetation along the first line of dunes was carried out. The analysis was performed using GIS software ArcView, applying DSAS extension 2.0 (*Digital Shoreline Analysis System*). Fourteen blowouts located along a front about 600 m long were studied. For each blowout, some ecological and morphometric variables were analyzed in order to establish the relationship between the different types of blowouts. To this end, it was applied an index  $R_{t-v}$  to link each morphology with the patterns shown by the existing vegetation, both herbaceous and woody. Applying the  $iTx$  index represents the link between each typology and its inner topography. The results show integral recoil of the dune front over the last decades – the average recoil ranges from 10-20 m, although in some places exceed 20 m –. However, from 2008 to 2010 some advances were recorded, except at the sites that coincided with the main entrances to the beach, which suggests a direct relationship between maximum erosion and the places with highest attendance. Blowouts were divided into 5 categories, trough blowouts being the most prevalent (50% of samples). Each type showed distinct morphometric features and had a different relationship with the vegetal species.

**Key words:** *Blowout; Sandy coast; Beach-dune system; Erosion; Fragmentation; Mallorca.*

APROXIMACIÓ A LA CONSERVACIÓ D'UN SISTEMA DUNAR A TRAVÉS DELS SEUS BLOWOUTS (CALA AGULLA, MALLORCA). Gran part dels sistemes platja-duna a la mediterrània occidental mostren avui dia un important estat de fragmentació amb signes palpables d'erosió, principalment a causa de l'existència de blowouts al llarg dels fronts dunars. S'estudien els blowouts existents al front de dunes del sistema de Cala Agulla (Mallorca, Espanya) amb l'objectiu de conèixer i quantificar el retrocés del sistema al llarg de les darreres dècades. Per això s'ha realitzat una anàlisi espacio-temporal prenent com a línia de referència la marcada per la presència de vegetació herbàcia. L'anàlisi s'ha dut a terme a partir de la utilització del sistema d'informació geogràfica ArcView, i amb l'aplicació de l'eina DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Un total de 14 blowouts localitzats al llarg d'un front dunar de 600 m han estat estudiats. Per a cada un dels blowouts algunes variables geomorfològiques i ecològiques han estat analitzades en tant a poder establir una relació entre els distints tipus de blowouts. Amb aquest fi, s'aplica l'índex  $R_{t-v}$  per tal de relacionar cada morfologia amb els patrons mostrats per la vegetació existent, tant herbàcia com arbustiva. D'altra banda, l'aplicació de l'índex

iTx representa la relació existent entre cada tipologia i els seus perfils topogràfics interns. Els resultats obtinguts mostren un retrocés integral del front de dunes al llarg de les darreres dècades – el retrocés mitjà oscil·la entre els 10-20 m, tot i que en alguns llocs aquest excedeix els 20 m –. No obstant, de 2008 a 2010 es perceben alguns punts d'avançament, sempre excepte els indrets que coincideixen amb les entrades principals a la platja, la qual cosa suggereix una relació directe entre els màxims d'erosió i els llocs amb major influència d'usuaris. Els blowouts han estat dividits en 5 categories, sent els trough blowouts els que més importància tenen (50% de la mostra). Cada una de les tipologies mostra característiques morfològiques diferents, i distinta relació amb les espècies vegetals inventariades.

**Paraules clau:** *Blowout; costa arenosa; sistema platja-duna; erosió; fragmentació; Mallorca.*

*Miquel MIR-GUAL, Guillem X. PONS, Bernadi GELABERT, José Àngel MARTÍN-PRieto, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Departament de Ciències de la Terra, grup de recerca BIOGEOMED, Cra. de Valldemossa, km. 7,5 (07122). Palma de Mallorca. E-mail: miquel.mir@uib.es*

*Recepció del manuscrit: 5-mai-14; revisió acceptada: 2-set-14.*

## Introduction

Sandy coastal systems are characterized by their high dynamism and fragility. Any change to it can have potential adverse effects on their stability. Over the last decades, in places such as Balearic Islands (Spain), these environments have been heavily exploited for recreation with management practices that do not have enough consideration of protective and aesthetic values. As a result, erosion has increased – mainly in the foredunes – and upset the sedimentary balance of the beach-dune system (Roig-Munar *et al.*, 2012). Current literature often links erosion processes with the human pressure and poor management policies. Roig-Munar (2004) showed erosion rates could derive from the beach mechanical cleaning, while Roig-Munar *et al.* (2006) accounted the sedimentary losses through users attendance in some beaches of Menorca (Balearic Islands). Other authors such as Martín-Prieto *et al.* (2010) and Roig-Munar *et al.* (2012) concluded that the coastline recoil in some beach-dune systems of

Balearic Islands is also related to anthropogenic pressure. Nevertheless, more recently Hesp and Walker (2012) and Smyth *et al.* (2012) suggest that erosion processes can be also related to natural and physical issues. This means, for example, the interaction between wind incidence and the presence of blowouts morphologies along the dune front, which enhances sand erosion from the emerged beach to landward. This is why Mir-Gual (2014) concludes that the presence of blowouts can increase the erosion patterns existing on the beach.

The theoretical knowledge of blowouts is scant (Cooper, 1958; Hesp, 1996, 2002; Hesp and Hyde, 1996; Bate and Ferguson, 1996; Davis and Fitzgerald, 2004; Hugenholtz and Wolfe, 2009; Mir-Gual and Pons, 2011; Smyth *et al.*, 2011; González-Villanueva *et al.*, 2011) compared with that of other topics concerning the beach-dune systems. A blowout is a saucer or trough shaped depression or hollow formed by wind erosion on a preexisting sand deposit (Cooper, 1958; Hesp, 2002). However, some authors contend that the adjoining

accumulation of sand, the depositional lobe, should be normally considered part of the blowout (Glenn, 1979; Carter *et al.*, 1990; Hesp, 2002). The formation of blowouts can be due to a variety of factors, with a genesis that is either natural or anthropogenic. Once initiated, the morphology will depend on its original size (Borichansky and Mikhailov, 1966), the height, length, type and location of the dune, on whether it is coastal or continental (Gutiérrez-Elorza *et al.*, 2005), the cover rate and the vegetation type (Esler, 1970), the magnitude, direction and strength of local winds, the degree and angle of exposure of the dune front to the main wind (Jennings, 1957), the strength and recurrence of the wave storms above the emerged beach and foredune strip, the local topography conditions, or the erosion caused by surface runoff (Hesp, 2002). Finally, Mir-Gual (2014) conclude that the conservation state of the foredune strip can affect to the blowout formation along the dune front. Nevertheless, in addition to natural factors, the creation and intensification of these erosive forms are often attributed to high attendance by users (Bate and Ferguson, 1996; Hesp, 2002).

Given the large number of factors that support the formation and intensification of blowouts, their shape can be highly variable over time. Thus, in the literature some classifications have been made in terms of the form adopted. Although some authors such as Smith (1960) or Ritchie (1972) define four different types of blowouts, it seems that simpler classifications such as the one by Cooper (1958), and supported by Hesp (1996; 2002), have had more success, differentiating only between trough blowout and saucer blowout. Saucer blowouts adopt a semicircular shape and commonly occur in flat areas without adjacent steep topography, whilst trough

blowouts usually adopt elongated shapes, forming deep deflation corridors, intensifying the erosion on its side walls and sediment accumulation landward, forming at the same time depositional lobes of sand.

The formation and evolution of the blowout takes place in an environmental regime characterized by an erosive tendency on the dune front, where the impact of wind is higher, forming depositional lobes which can sometimes simulate the formation of a new dune. The deflation of sediment within the blowout can act as a fresh of sand to inland dunes (van Boxel *et al.*, 1997). This can often enhance sedimentary dynamism of the whole dune complex, supposing changes in its morphological and ecological features.

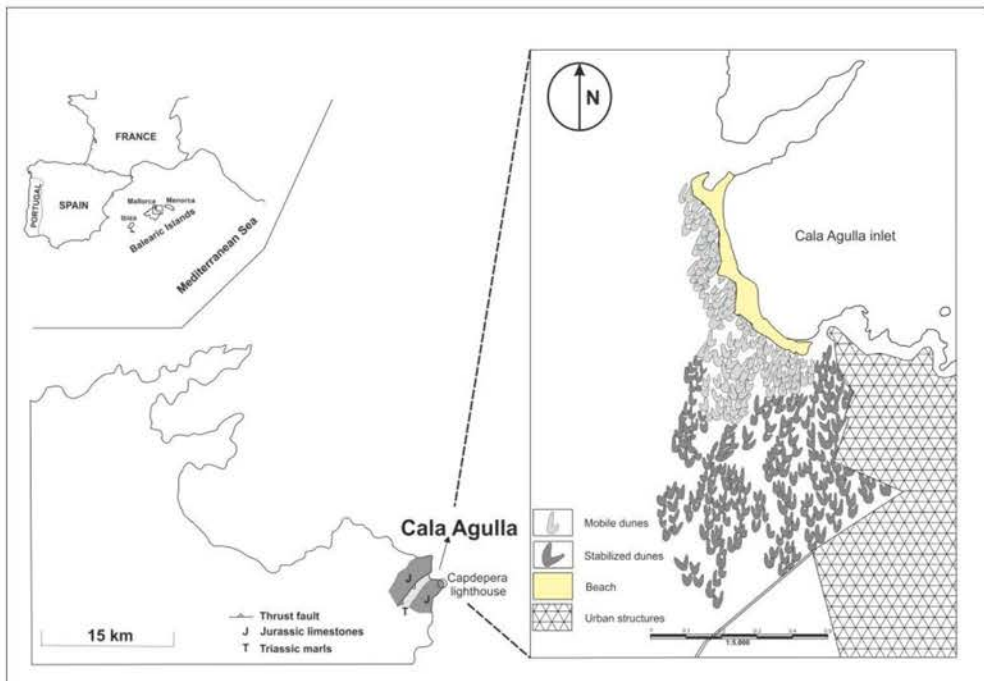
The presence of blowouts, due to their topographical shape, has a direct relationship with the patterns of airflow incidence on the dune field, as well as with patterns of sand transport from the upper beach to inland. In this way Mir-Gual (2014) concludes that the topographic conditions and evolution of blowouts, normally perpendicular to the dune front orientation, aids the presence of corridors that help to increase the sediment transport from the emerged beach to the innermost of the dune complex. These corridors suppose the wind flow channeling along the deflation basin increasing its speed and its power of sand transport. In addition to the aeolian trend, other key factors also play a part in these places. One of the most important is vegetation, which has a very important role in fixing and stabilizing the sand through the growth and development of roots (Pethick, 2001). The removal of vegetation cover will increase the vulnerability of the sedimentary mass as a result of sustained wind pressure, increasing exponentially their vulnerability to erosion and fragmentation of the dune front. Additionally, the

herbaceous vegetation along the first line of the dunes is closely related to its state of conservation (Mir-Gual *et al.*, 2011). This type of vegetation is essential for sediment retention and capture. Some species such as *Ammophila arenaria* are remarkably efficient and optimal, and owing to their internal structure are able to interfere with the dynamics of sediment transport between the emerged beach and dune system, causing a deposition of sand and the formation of sandy embryonic structures, shadow dunes or echo dunes (Pethick, 2001; Hilton and Konlechner, 2011).

The fragmentation state of the coastal dune fields in Balearic Islands is highly related with the presence of blowouts along the first line. Otherwise, their conservation

depends of the existence of a well developed foredune (Mir-Gual, 2014). The high rate of blowouts recurrence increase the fragmentation of this environments, as well as enhances the sand erosion from the emerged beach to inland. In this context, a number of issues must be considered: (1) the density of erosional forms along the dune front, (2) the characterization of blowouts, and (3) the influence of blowouts in sediment erosion.

Works such as Roig-Munar *et al.* (2012) involve beach-dune erosion with a lack of management policies, as well as with users attendance. However, some space-time analysis carried out by Mir-Gual (2014) over some coastal dune fields induce to consider that the lack of foredune strip and



**Fig. 1.** Location and geomorphological sketch map of the Cala Agulla beach-dune system (Majorca).  
**Fig. 1.** Localització i esquema geomorfològic del sistema platja-duna de Cala Agulla (Mallorca).

the presence of blowouts can play an important role for explaining the erosion processes in these environments. This paper seeks to show how an optimum conservation of the dune front has an important role among the equilibrium of the whole system. With this, it aims to establish the physical characterization of the blowouts existing on the dune front of Cala Agulla dune system (Mallorca, Balearic Islands) (Fig. 1), and try to show how the dune front degradation enhances the beach erosion and the dune field recoil over the time.

## Study area characterization

### *Geological settings and dune system features.*

The Cala Agulla beach-dune system is located on the eastern coast of the island of Mallorca (Balearic Islands, Spain) (location in Fig. 1). The area presents a semi-arid climate, with a mean annual precipitation of 600mm. The tidal regime is microtidal with a spring range of  $< 0.25$ . Wave period ranges from 4-7 s. Wave exceeding 3 m in height and lasting longer than 10 s only occur for 3% of the year, with considerable differences between summer and winter (Basterretxea *et al.*, 2007; Servera *et al.*, 2009). According to the Capdepera's lighthouse (Fig. 1) the northern winds prevail (41% of the days), whilst the northeast winds also play a role in the behaviour of the dune complex because the inlet opens to NE.

The system has a surface of 1.7 km<sup>2</sup>, of which 0.53 km<sup>2</sup> corresponds to Holocene dune formations (Servera, 1997; 2002). The system is made up of a beach stretch of 600 m in length and a fixed dune system landward (Fig. 1). The dune cordons are parallel to the coastline that feeds them. Structurally, the Cala Agulla system is on

the thrust and fold structures of the Llevant Ranges. The small bay develops on Triassic marls, surrounded by coastal headlands consisting of Jurassic limestones. Thus, the development of dune morphologies is primarily controlled by the structural arrangement of the adjacent terrain.

The beach occupies a land area of approximately 0.024 km<sup>2</sup>, with a width between 25 and 40 m (Servera, 1997). The beach surface in the northern part is higher because it coincides with the mouth of the torrent. Nowadays it is not possible to describe the strip of foredunes because it has disappeared as a result of human activity over the last decades. However, it is possible to find some embryonic sandy formations that are normally associated with the presence of psammophyte vegetation at the front of the blowouts. Mobile dunes occupy an area between 100-300 m wide, covering a surface of 0.11 km<sup>2</sup> arranged parallel to the coastline. The strip of the mobile dunes is also subjected to the influence of blowouts which grow from the first line landward, generating erosion effects on the semi stabilized dune sector. Most of the stabilized dune sector has been destroyed because of urbanization and the growth of adjacent agricultural fields. Currently the dunes are fully stabilized by a forest of *Pinus halepensis* and are not actively engaged in the sedimentary regime of the beach-dune system.

## Material and methods

Blowouts were identified and analysed through fieldwork and lab analysis. Aerial photographs were also used to find the orientations of each of the morphologies identified. For this purpose, each orientation was traced using an angle protractor to obtain its directionality. Finally orient-

tations were obtained using the software OpenRose 0.01.

The morphological classification of blowouts was made through the analysis of aerial photographs using stereoscope along 52 years, from 1956 to 2008 (scale 1:18,000 approximately), and through field work, considering as a reference the definitions established by Cooper (1958) and Hesp (1996). Each blowout was located and referenced by GPS HD. The classification of different typologies was made taking into account the current form and structure adopted by each blowout using the aerial photographs of 2010.

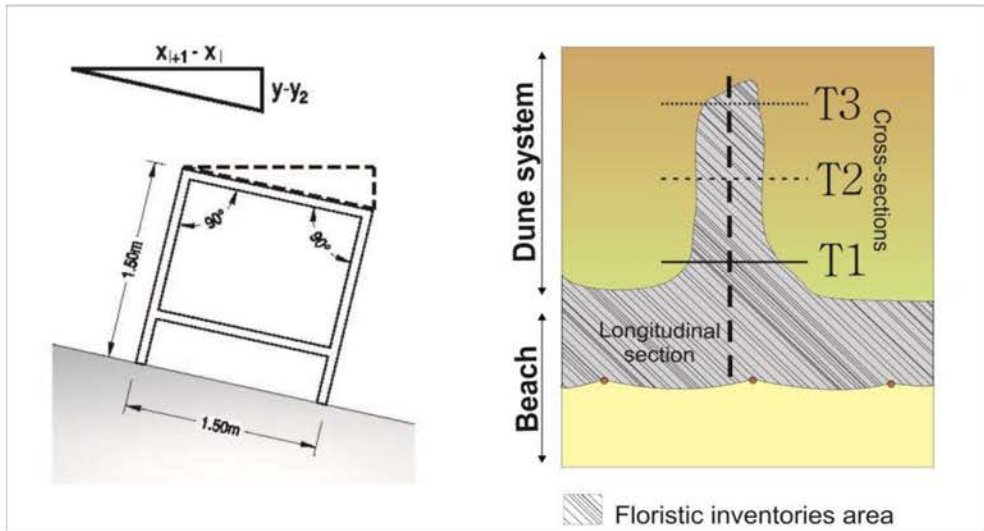
The internal topographic profiles of the blowouts were made by a beach profiler (pantometer) of 1.5 m x 1.5 m and 0.5 m x 0.5 m, respectively (Fig. 2) in order to draw two-dimensional profiles with axis of

length (x) and height (y), in accordance with the method of Emery (1961), Delgado and Loid (2004), Puleo *et al.* (2008) and Mir-Gual (2013).

For each of the sampling points, a longitudinal profile and three cross-sectional topographic surveys were made at the mouth of the blowout (T1), in the middle (T2), and in the innermost part of the blowout (T3) (Fig. 2).

In order to verify the first morphometric classification made by analysing the aerial photographs, each type of blowout was matched with the profiles to ascertain whether the topographic patterns obtained corresponded to the forms initially identified. An 0-1 index was employed accordingly

$$iT_x = T_x / L$$



**Fig. 2.** Scheme of the method used for the construction of topographical profiles. Graphical reproduction of the beach profiler (pantometer) used. The figure also shows the area where floristic inventories have been carried out.

**Fig. 2.** Esquema de la metodologia utilitzada per a la construcció dels perfils topogràfics. Reproducció gràfica del pantòmetre utilitzat. La figura també mostra l'àrea a on s'han realitzat els inventaris florístics.

where  $iT_x$  is the relation between the length of the blowout and each longitudinal transect,  $T_x$  is the length of each cross section, and  $L$  is the length of the blowout. Next, the synthetic value reflecting the area represented by each typology is expressed as,

$$iA = \Sigma iT_x / 3$$

where  $iA$  is the area of the blowouts for one typology, whereas  $\Sigma iT_x$  is the sum of the mean values of each of the cross sections for each type of blowout.

To improve the interpretation, the results were schematically represented using the mean values obtained for each type of blowout. Each value was converted to cm assuming that  $L=10\text{cm}$ , thus achieving the standardization of the representation of each type described.

For floristic inventories the herbaceous and woody species were differentiated. Inventories were made taking into account the presence / absence of species at each sampling point, and were conducted within the area of influence of each blowout (Fig. 2), considering as reference points the side walls and protective cordon between the beach and dune system.

Finally, in order to relate the presence of vegetation to each typology of blowout, an index was applied

$$R_{t-v} = \frac{\Sigma p}{\Sigma BOc}$$

where  $R_{t-v}$  shows the relation between the blowout typologies and the species identified,  $\Sigma p$  is the number of times that one species appears in a blowout of the same typology, and  $\Sigma BOc$  is the overall blowout of the same typology.

After the physical characterization of the dune front some signs show how the

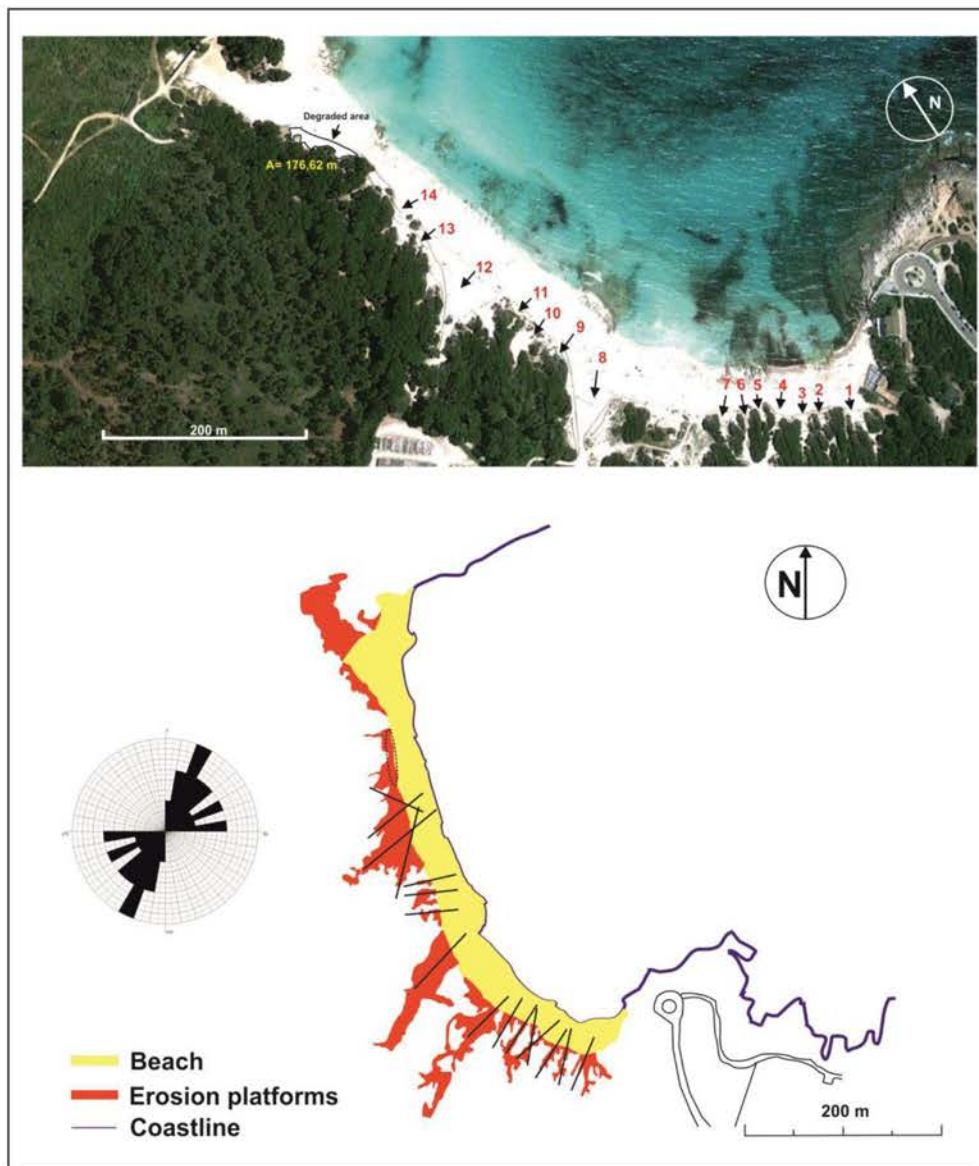
blowout morphologies could be responsible of the dune complex recoil over the time. In order to better understand and quantify the backward dune movement over the last decades a spatiotemporal analysis was performed taking into account the boundary drawn by the vegetation along the first line of dunes, between the upper limit of the aerial beach and dune system. The analysis was carried out using GIS software ArcView. The first step was to digitize the lines of existing vegetation for 1956, 2002, 2008 and 2010 and obtain the spatial patterns of the first line of dunes over a 54 year period. For each of the lines drawn, a 5 m buffer was employed for the final analysis using the DSAS 2.0 (*Digital Shoreline Analysis System*) (Thieler et al., 2003).

## Results

There are 14 blowouts (BO) that are not evenly distributed along the dune front on the beach of Cala Agulla (Fig. 3). The highest densities are found in the southernmost part of the beach, whereas the lowest densities of blowouts are in the northern part.

### *Morphological classification*

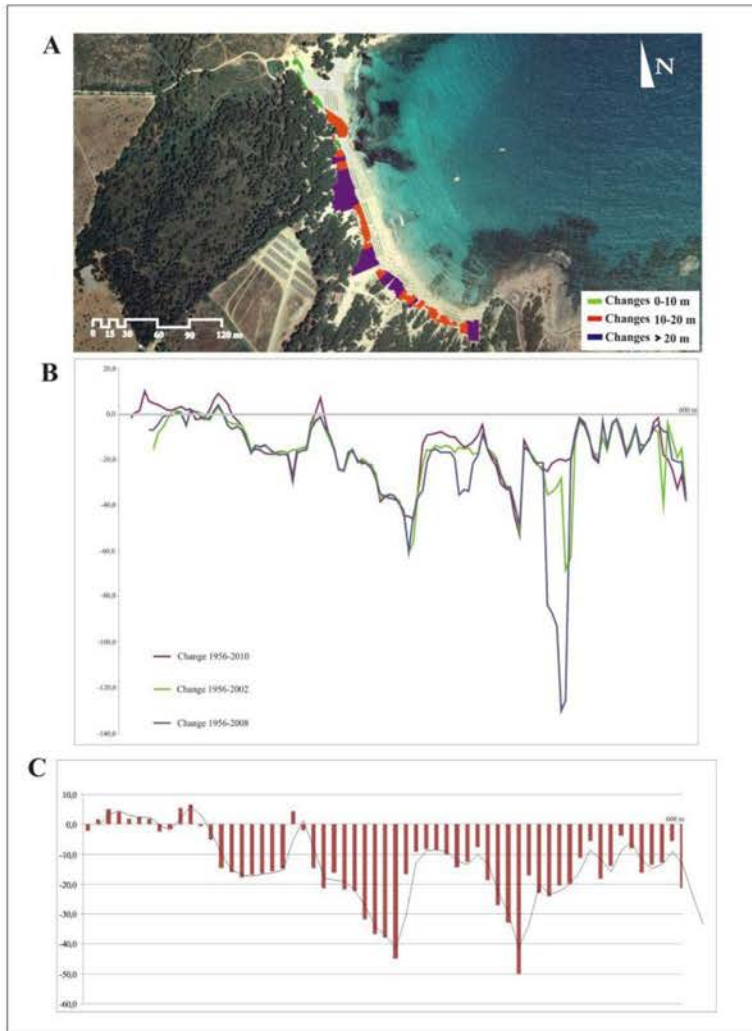
Five categories of blowout have been distinguished according its shape (Fig. 5): trough blowout (50%), which is the predominant form, saucer blowout (7.14%), mixed shape (14.29%), conical blowout (14.29%) and bitten blowout (14.29%). The classification based on its structure is simpler because only 2 categories have been distinguished (Fig. 5): the simple blowout, accounting for 78.57% of the total, at the expense of branched blowout, representing 21.43% of the sampling points.



**Fig. 3.** Location and orientation of the blowouts identified along the dune front at Cala Agulla (Mallorca).

**Fig. 3.** Localització i orientació dels blowouts identificats al llarg del front de dunes de Cala Agulla (Mallorca).



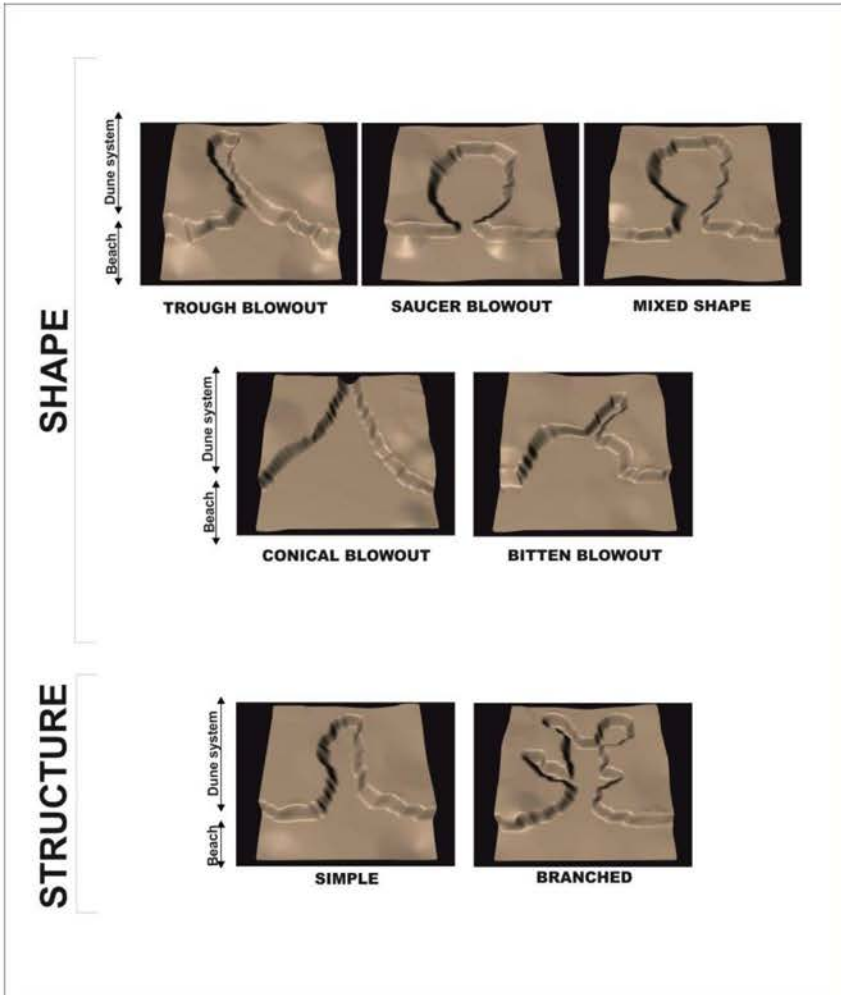


**Fig. 4.** Spatio-temporal analysis (1956-2008) of the dune front of Cala Agulla considering the line drawn by the vegetation, where a) shows the different recoil intensities suffered along the front of dunes analyzed, b) represents the evolution of the front in the periods 1956-2002, 1956-2008 and 1956-2010, and c) shows the trend of the overall backward movement in the period of analysis.

**Fig. 4.** Anàlisi espai-temps (1956-2008) del front de dunes de Cala Agulla considerant la línia marcada per la presència de vegetació, a on a) mostra les diferents intensitats de retrocés sofertes al llarg del front de dunes analitzat, b) representa l'evolució del front the dunes en els períodes 1956-2002, 1956-2008, i 1956-2010, I c) mostra la tendència general del retrocés del front de dunes en el període analitzat.

Trough blowouts are generally more elongated than the others, with deeper deflation floors and basins, and with steeper and longer erosion lateral walls whereas saucer blowouts are semi-circular or saucer shaped and often appear as shallow dishes.

The mixed shape is a combination of the two forms described above. This consists of a trough blowout form at the mouth, and a semicircular structure in the interior, often linked to forms of deposition. Conical blowouts (see BOA8 and BOA12 in Fig. 5)



**Fig. 5.** 3D blowouts classification in the dune system of Cala Agulla (Majorca), considering both its shape and structure.

*Fig. 5. Classificació en 3D dels blowouts al sistema dunar de Cala Agulla (Mallorca), considerant la seva forma i la seva estructura.*

have a conical shape with a very wide mouth that gradually decreases landward (Fig. 5 and 8). These forms are associated with the main entrances to the beach that are heavily used by holidaymakers. The dimensions of the mouth characterize bitten blowouts. In this case, blowouts develop from an erosive bite existing on the front dune that determines their status and evolution. Finally, with respect to the structure, a single channel of deflation characterizes simple forms, while branched blowouts draw several channels of deflation, each taking a different direction and increasing the risk of merging with the adjacent blowouts.

**Blowout orientation**

In quantitative terms, 4 of the 14 orientations studied correspond to NE-SW (25%), 4 to NNE-SSW (25%), and 3 to E-W (18.7%). The existence of other orientations that are less representative such

as ENE-WSW, with 2 blowouts (12.5%) or N-S, only with 1 blowout (6.25%) was also considered. The first two orientations account for 50% of blowouts. However in the southern part of the beach, which is more exposed to the northern winds, the direction of blowouts is clearly NNE-SSW, whereas in the central and northern parts, the most exposed directions are ENE-WSW. Thus, because of the structural characteristics displayed by the cove, which faces the NE, the main orientations of the blowouts analyzed in the system of Cala Agulla are NNE-SSW and NE-SW (Fig. 3). Thereby, the mean orientation of sampling points is 46.7°, which is closely related to the NE cove aperture and direction.

As for the typologies, the main direction of trough blowouts is NNE-SSW (mean of 24°). Bitten, conical and saucer blowouts have an ENE-WSW orientation (mean of 58°), whereas the mixed shape are oriented to E-W (mean of 88°) (Table 1).

	<b>n° BO</b>	<b>Degrees</b>	<b>Orientation</b>
Trough blowout	1	20	NNE-SSW
	2	14	NNE-SSW
	3	29	NNE-SSW
	4	52	NE-SW
	5	4	N-S
	6	25	NNE-SSW
	Mean	24	NNE-SSW
Bitten blowout	7	37	NE-SW
	11	80	E-W
	Mean	59	ENE-WSW
Conical blowout	8	47	NE-SW
	12	62	ENE-WSW
	Mean	55	ENE-WSW
Mixed shape	10	86	E-W
	14	90	E-W
	Mean	88	E-W
Saucer blowout	9	62	EBE-WSW

**Table 1.** Orientations followed by blowouts of each of the types described are shown.

**Taula 1.** Orientacions seguides pels blowouts en cada una de les tipologies descrites.

### ***Dimensions and inner morphometry of blowouts***

The mean length of the blowouts studied is 35.2 m. BOA8, which coincides with one of the main entrances to the beach, attains a maximum length of 64.37m. The minimum length (16.19m) is found in BOA5. This blowout is located between blowouts BOA4 and BOA6, which are both connected in the interior.

The mean height of the sampling points is 5.35m. The maximum height (9.11m) is located in BOA3, whereas the lowest height (2.42m) is in BOA5. In this case there is no correlation between the longest blowout and the maximum height. In the case of BOA5, however, the minimum length and height coincide.

Considering the variables of length and height, the mean slope of blowouts on the beach of Cala Agulla is 16.33%. The maximum occurs in BOA7 with a slope of 22.19%. However, other sampling points are significantly close to this number, as in the case of BOA3, BOA11 and BOA12, each with an approximate slope of 20%. The minimum occurs in BOA8 with a slope of 5.2%.

The Pearson correlation index shows a positive relationship between the variables of length and height and is  $r = 0.29$ . Nevertheless, this correlation is close to  $r = 0$ , indicating that its linear relation is not very strong. However, the situation changes when comparing the length and slope with a negative relationship expressed as  $r = -0.58$ . Thus, the trend of the blowouts analyzed shows that when one of the variables increases (e.g. length) the other one decreases (e.g. slope).

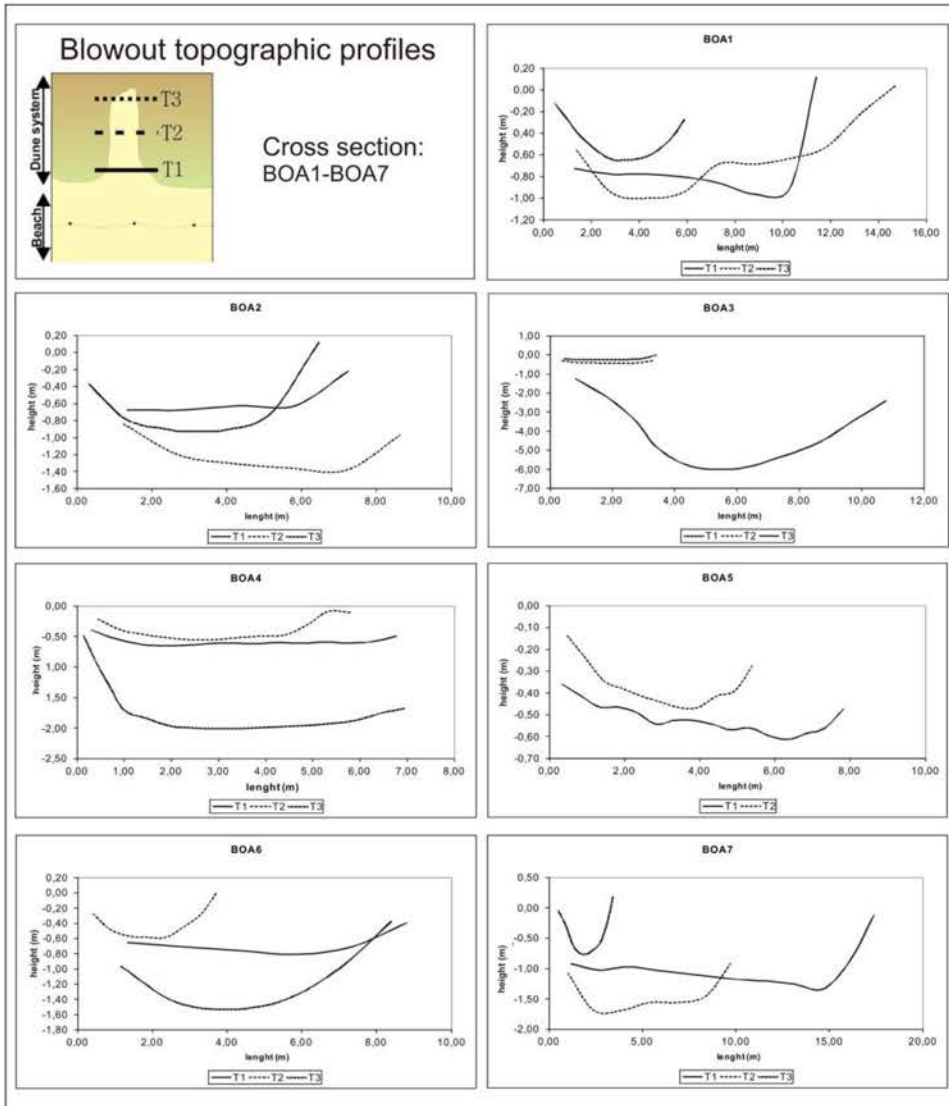
Topographic profiles were made of 14 blowouts (Fig. 6 and 7). There are marked differences between the cross sections. Normally the width of the blowouts decreases from the front towards the

interior. This trend is represented by the mean width of T1 = 17.76 m, T2 = 12.53 m, and T3 = 07.03 m, the erosive structures being wider at the front than in the interior. Nevertheless, there are some exceptions where the width of the T3 is larger than T1 and T2. According to Glenn (1979) and Carter *et al.* (1990), the inner parts of the blowouts sometimes assume greater widths, often in line with the existence of associated sedimentary deposition platforms. One good example is BOA3 where the width of T3 (10.79 m) is greater than T1 (3.40 m) and T2 (3.36 m).

In the case of T1 the maximum width (63.47m) is located in BOA12, whereas the lowest (3.4m) is in BOA3. As for T2 the highest value (35.07m) is in BOA9, whereas the minimum (3.36m) is again found in BOA3. Finally, the broadest (13.25m) of T3 is located in BOA11, whereas the minimum (3.41m) is located in BOA7.

The morphology of the interior sections varies in accordance with their location. In the case of T1 these usually have a uniform shape, flat especially in the central part and with a small slope on the side walls, as shown in BOA4, or BOA14 BOA8 (Fig. 6 and 7). However, a characteristic feature of this first section is the presence of deflation furrows in some profiles, as observed in BOA12, but also in others such as BOA1, BOA7 and BOA11 (Fig. 6 and 7). There is a fairly direct relationship between the existence of these furrows and a higher slope on the sidewalls. This occurs for example in BOA1, with very marked furrows and steep sidewalls, unlike in BOA10, where the situation is reversed (Fig. 7).

Sometimes these deflation furrows are prolonged into the blowout, as in BOA2, BOA11 and BOA12, where they are located in T2 as well. The T3 sections show



**Fig. 6.** Topographic profiles of BOA1-BOA7. The trend of the cross sections T1, T2 and T3 are shown.

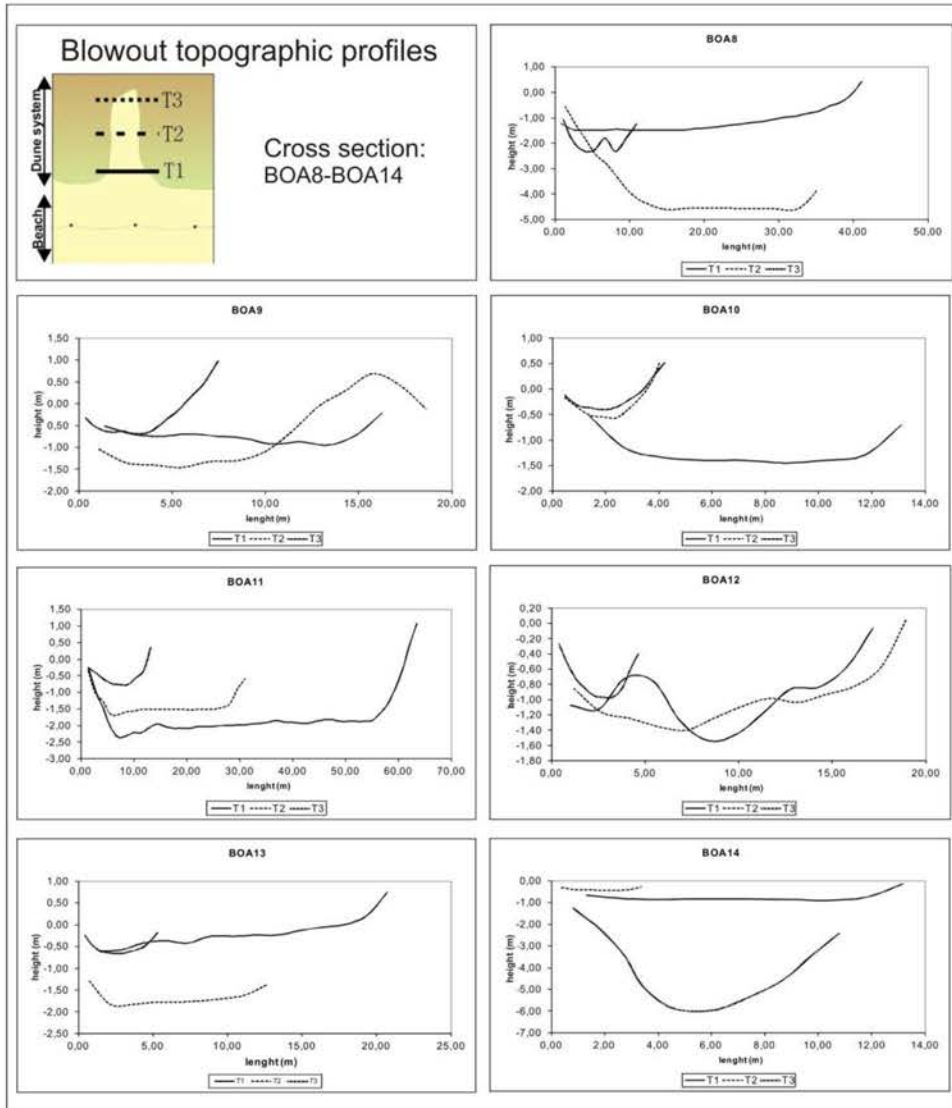
**Fig. 6.** Perfils topogràfics dels BOA1-BOA7. Es mostra la tendència del perfils transversals T1, T2, i T3.

concave and narrow profiles, especially in BOA12 and BOA7. Conical blowouts cover the largest areas ( $iA = 0.52$ ). However,

saucer blowouts yield values of  $iA = 0.45$ . The minimum dimensions are in trough blowouts, particularly in subtype B, with

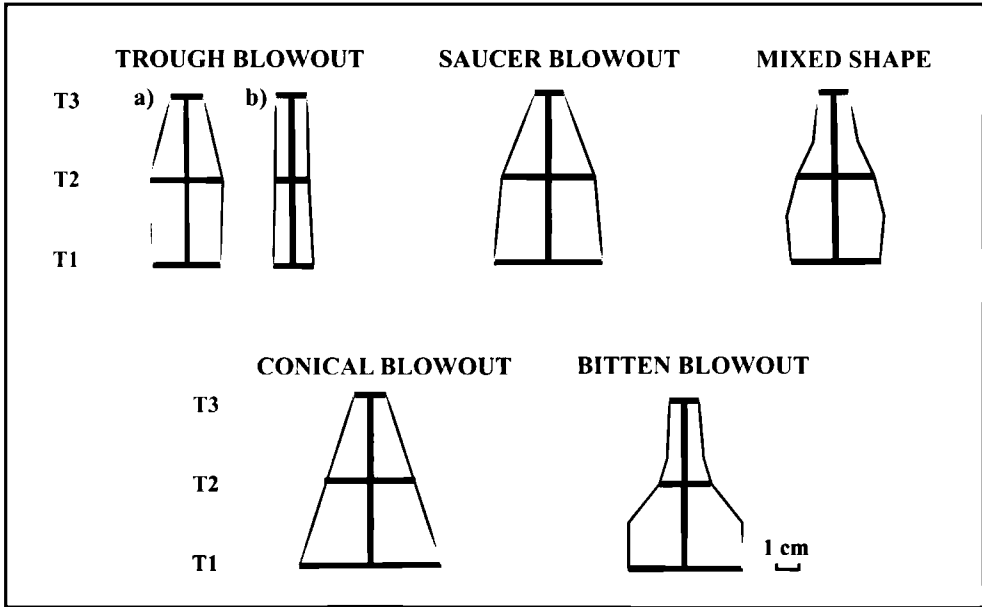
values of  $iA = 0.21$ . With intermediate values that are close to each other, there are trough blowouts A ( $iA = 0.34$ ), the bitten

blowouts ( $iA = 0.38$ ), and mixed shape ( $iA = 0.39$ ). The relationship between the longitudinal and transverse profiles shows



**Fig. 7.** Topographic profiles of BOA8-BOA14. The trend of the cross sections T1, T2 and T3 are shown.

**Fig. 7.** *Perfils topogràfics dels BOA8-BOA14. Es mostra la tendència del perfils transversals T1, T2, i T3.*



**Fig. 8.** Outline of blowout typologies according to the Rt-v index.

**Fig. 8.** *Tipologies de blowout d'acord a l'index Rt-v*

morphologies adopted by each type (Table 2 and Fig. 8). Considering the application of  $iT_x$ , within trough blowouts, there are two subcategories, A, with wider forms mainly in the T1 and T2 profiles, and B, with even more elongated and narrow forms. Saucer blowouts have significant widths in their T1 ( $iT_1 = 0.64$ ) and T2 ( $iT_2 = 0.54$ ) profiles, whereas the width diminishes toward the interior ( $iT_3 = 0.17$ ). Mixed shape and bitten blowouts have a similar morphometric pattern, but with some differences. Bitten blowouts are characterized by a greater width at the mouth ( $iT_1 = 0.67$ ) and smaller dimensions in the interior ( $iT_2 = 0.29$  and  $iT_3 = 0.17$ ). However, mixed shape blowouts present a more homogeneous width at the mouth ( $iT_1 = 0.53$ ) and center ( $iT_2 = 0.45$ ), while it decreases significantly in the interior part ( $iT_3 = 0.18$ ), resulting in a saucer shape in the lower part of the blowout followed by a

trough shape in the upper part. Finally, conical blowouts are characterized a greater width at the mouth ( $iT_1 = 0.84$ ), which decreases toward the interior, plotting at the same time a conical structure from the first line landward.

#### **Floristic inventories**

Vegetation is one of the most important variables that should be taken into account when characterizing a dune front. The present study differentiates between the role of herbaceous and that of woody vegetation. At the dune front of Cala Agulla there are 15 major herbaceous species, each one with a different index of presence / absence. One group of species, which includes *Lotus cytisoides* (93.33%), *Pancreatum maritimum* and *Cutandia maritima* (86.67%), *Matthiola incana* (80%), *Ammophila arenaria* (73.33%) or *Cakile maritima* (66.67%), has a large recu-

		<b>Lenght (m)</b>	<b>iT1</b>	<b>iT2</b>	<b>iT3</b>	<b>iA</b>
Trough BO	BOA1	28.18	0.40	0.52	0.21	A
	BOA2	20.11	0.36	0.43	0.32	
	BOA5	16.19	0.46	0.34	0.00	
	<b>Mean</b>	<b>21.49</b>	<b>0.41</b>	<b>0.43</b>	<b>0.18</b>	<b>0.34</b>
	BOA3	45.52	0.07	0.07	0.24	B
	BOA4	39.37	0.17	0.15	0.18	
	BOA6	47.71	0.18	0.08	0.18	
	BOA13	35.49	0.48	0.54	0.13	
	<b>Mean</b>	<b>42.02</b>	<b>0.23</b>	<b>0.21</b>	<b>0.18</b>	<b>0.21</b>
Saucer BO	BOA9	64.37	0.64	0.54	0.17	
Mixed shape BO	BOA10	33.86	0.48	0.55	0.22	
	BOA14	35.61	0.58	0.35	0.15	
	<b>Mean</b>	<b>34.74</b>	<b>0.53</b>	<b>0.45</b>	<b>0.18</b>	<b>0.39</b>
Conicap BO	BOA8	64.37	0.64	0.54	0.17	
	BOA12	61.35	1.03	0.51	0.22	
	<b>Mean</b>	<b>62.86</b>	<b>0.84</b>	<b>0.53</b>	<b>0.19</b>	<b>0.52</b>
Bitten BO	BOA7	26.14	0.67	0.37	0.13	
	BOA11	19.28	0.68	0.21	0.22	
	<b>Mean</b>	<b>22.71</b>	<b>0.67</b>	<b>0.29</b>	<b>0.17</b>	<b>0.38</b>

**Table 2.** The relation between the inner topographic surveys and the typologies described according to the application of the iTx index is shown. The mean values of each typology are depicted in bold.

**Taula 2.** Es mostra la relació entre els perfils topogràfics interns i les tipologies descrites d'acord a l'aplicació de l'índex iTx. Els valors mitjans de cada tipologia són ressaltats en negreta.

rence at more than 10 sampling points. A second group consists of species with a small recurrence ( $10 < n < 5$ ), such as *Eryngium maritimum* (46.67%), *Aetheorhiza bulbosa* subs. *bulbosa* (33.33%), *Euphorbia paralias* (46.67%) or *Crucianella maritima*, *Helichrysum stoechas* and *Crithmum maritimum* (40%). Finally, there are species with a low degree of recurrence ( $n < 5$ ), *Teucrium dunense* (26.67%) and *Beta maritima* subs. *maritima* (13.33%).

A level of partnership when considering the presence/absence of the species identified is distinguished between some groups of species, each with different patterns of similarity (Fig. 9).

The first group (A) formed by *Cakile maritima*, *Ammophila arenaria*, *Cutandia maritima*, *Pancreatium maritimum*, *Lotus*

*cytisoides* and *Matthiola incana* has a degree of association between 80-90%.

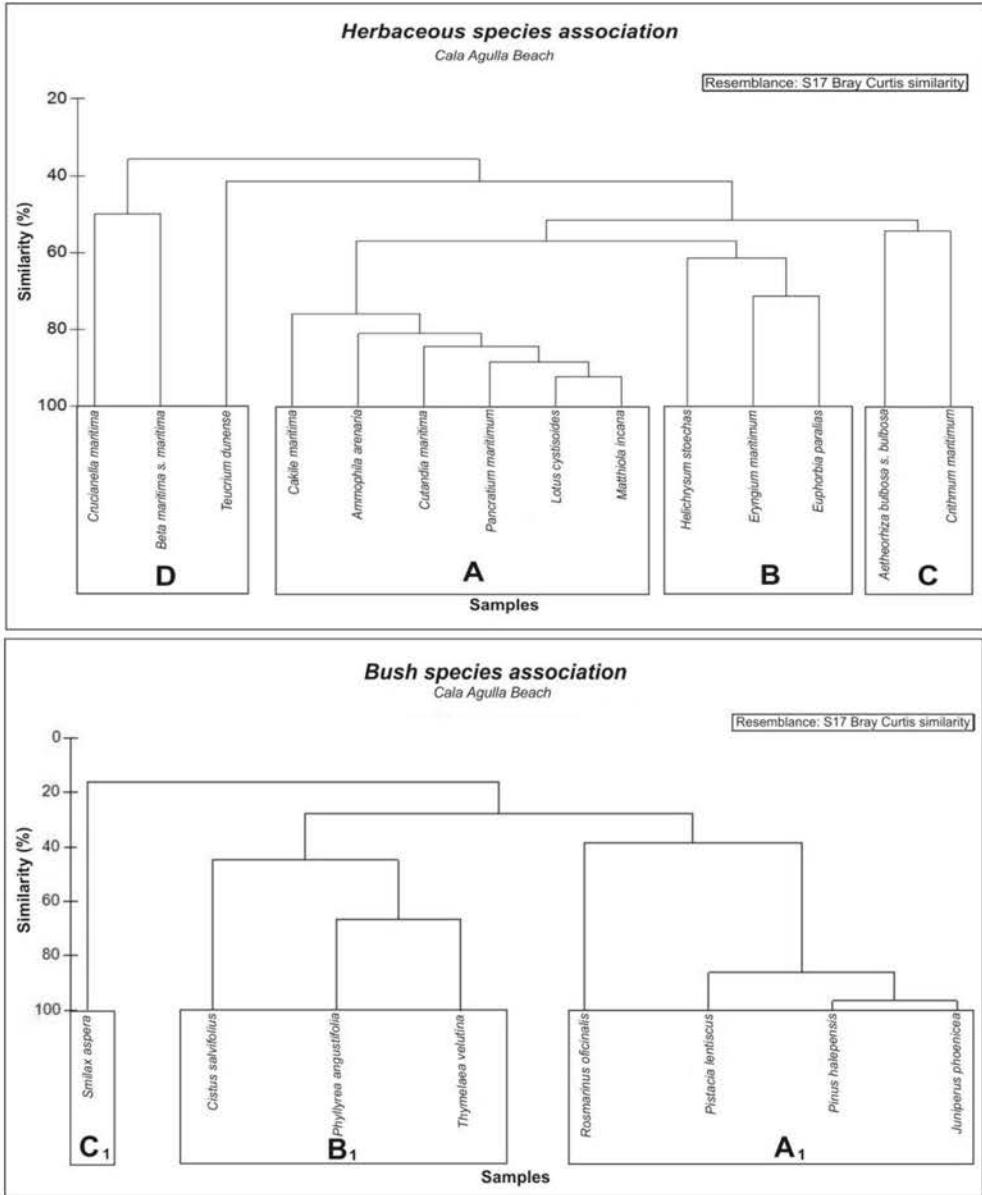
The second group (B) consists of *Helichrysum stoechas*, *Eryngium maritimum* and *Euphorbia paralias*, which show a degree of similarity between 60-70%. Moreover, this group is associated with the species of group (A) with values close to 60%.

In addition, there are two independent groups, each consisting of two species, and characterized by a low degree of association.

The third group (C) is formed by *Aetheorhiza bulbosa* subs. *bulbosa* and *Crithmum maritimum*, both with an association of 60%.

The fourth group (D) is formed by *Beta maritima* subs. *maritima* and *Crucianella maritima*, both with an association of 40%.





**Fig. 9.** Cluster analysis resulting from the association between both herbaceous and woody species identified in each of the blowouts analyzed.

**Fig. 9.** Anàlisi cluster (dendograma) resultat de les associacions entre la vegetació herbàcia i llenyosa identificada en cada un dels blowouts analitzats.

are related to major groups (A and B) with values below 40%. The situation presented by woody vegetation is simpler than in the case of herbaceous vegetation, not only because of the number of the species identified but also because of the patterns of association.

A total of 8 different wood species were identified and were classified into 2 groups. The first group includes high recurrences of *Juniperus phoenicea* (100%), *Pinus halepensis* (93%) and *Pistacia lentiscus*

(73.33%) with a high recurrence, present at more than 10 sampling points. The second group of the species has much lower rates of recurrence ( $n < 5$ ) and is formed by *Rosmarinus officinalis* (26.67%), *Cistus salvifolius* (20%), *Smilax aspera* and *Thymelaea velutina* (13.33%), and *Phyllirea angustifolia* (6.67%).

At a level of partnership 2 main groups are distinguished (Fig. 9). The first group (A<sub>1</sub>) includes *Juniperus phoenicea*, *Pinus halepensis* and *Pistacia lentiscus*,

	Trough BO	Saucer BO	Mixed shape	Conical BO	Bitten BO
% among total	50%	7.14%	14.29%	14.29%	14.29%
<i>Ammophila arenaria</i>	1	0	0.5	0.5	0.5
<i>Eryngium maritimum</i>	0.43	0	1	0	0.5
<i>Pancratium maritimum</i>	0.75	1	1	1	1
<i>Aetheorhiza bulbosa s. bulbosa</i>	0.3	0	0	0.5	0.5
<i>Lotus cytisoides</i>	1	1	1	0.5	1
<i>Matthiola incana</i>	0.75	1	0.5	0.5	1
<i>Euphorbia paralias</i>	0.43	0	1	0.5	0.5
<i>Cutandia maritima</i>	0.85	1	0.5	1	0.5
<i>Crucianella maritima</i>	0.43	0	1	0	0.5
<i>Helichrysum stoechas</i>	0.14	1	1	0.5	0.5
<i>Crithmum maritimum</i>	0.43	0	0	0	1
<i>Cakile maritima</i>	0.43	1	1	1	1
<i>Beta maritima s. maritima</i>	0.14	0	0	0	0
<i>Teucrium dunense</i>	0	0	1	1	0
<b>Herbaceous - tipologies</b>	<b>0.506</b>	<b>0.429</b>	<b>0.679</b>	<b>0.500</b>	<b>0.607</b>
<i>Cistus salvifolius</i>	0.3	0	0	0	0
<i>Phyllirea angustifolia</i>	0	0	0	0	0
<i>Pinus halepensis</i>	1	1	1	1	0.5
<i>Juniperus phoenicea</i>	1	1	1	1	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	0.85	1	0.5	0.5	0.5
<i>Smilax aspera</i>	0	0	0.5	0	0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0.14	0	0.5	0	0.5
<i>Thymelaea velutina</i>	0	0	0	0.5	0
<b>Woody - tipologies</b>	<b>0.411</b>	<b>0.375</b>	<b>0.438</b>	<b>0.375</b>	<b>0.313</b>

**Table 3.** The relation between the inner topographic surveys and the vegetal species identified, both herbaceous and woody, according to the application of the Rt-v index is shown. The mean values by each typology are depicted in bold.

**Taula 3.** Relació entre els perfils topogràfics interns i les espècies vegetals identificades, tant herbàcies com llenyoses, d'acord a l'aplicació de l'índex Rt-v. Els valors mitjans de cada tipologia són ressaltats en negreta.

These two last groups which are noted for their high degree of association with values ranging from 80-100%.

The second group (B<sub>1</sub>) consists of *Cistus salvifolius*, *Thymelaea velutina* and *Phyllirea angustifolia* with a degree of association between 40-60%, and is related to group (A<sub>1</sub>) with approximate values of 20%. Finally, there are species such as *Smilax aspera*, which have little association with other species because of their insignificant presence along the dune front (below 20%).

The relationship that identifies each species at the sampling points with the different types of blowouts defined above is not homogeneous. The application of  $R_{t-v}$  shows the difference in weight of the species according to each type of blowout, and the existence of different patterns of relationship between the role played by both herbaceous and woody vegetation (Table 3). Mixed shape blowouts with  $R_{t-v}=0.679$  is the typology with the strongest relationship with herbaceous vegetation, while the lowest one is shown by the link with saucer blowouts, expressed as  $R_{t-v}=0.429$ . The link between herbaceous species and bitten blowouts also constitutes an important weight expressed as  $R_{t-v}=0.607$ , while the values of trough blowouts ( $R_{t-v}=0.506$ ) and conical blowouts ( $R_{t-v}=0.5$ ) have a lower weight.

The relation patterns between woody vegetation and blowout typologies differ slightly from the above case. While mixed shape blowouts are still the type that is most associated with this kind of vegetation, with  $R_{t-v}=0.438$ , in this scenario the lowest relation pattern is with bitten blowouts, only with  $R_{t-v}=0.38$ . The relation between woody vegetation and trough blowouts is also important. Overall, as shown in Table 1, the relationship between blowouts and herbaceous vege-

tation, with  $R_{t-v}=0.51$ , is higher than that with woody vegetation with  $R_{t-v}=0.38$ .

### **Space-temporal analysis of dune front (1956-2010)**

The dune system of Cala Agulla has undergone an important retreat over the last decades. The spatio-temporal analysis performed over the last 54 years (Fig. 4) shows how the backward movement has been comprehensive, albeit with different intensities along the beachfront. As shown in Fig. 4A, the areas with minor erosion, with patterns of retreat ranging from 0-10 m, are located in the northern part of the beach. The average recoil ranges from 10-20 m, although in some places they exceed 20 m, as at the points that coincide with the main entrances to the beach (currently identified by the BOA8 and BOA12).

However, as shown in Fig. 4B, the patterns of backward motion have been progressive over time. Thus, with respect to the situation in 1956, the regression suffered in 2002 and 2008 is integral and comprehensive, showing an almost homogeneous behaviour. However, the areas that experienced most retreat in the period 1956-2002 and 1956-2008 are again the main accesses to the beach. But in 2010 the situation changes since despite the continuation of the regression patterns, these diminish and at some points the front dune undergoes a recovery. These changes are however not perceived at the points of maximum regression, which suggests thus a direct relationship between the points of maximum erosion and maximum attendance zones. Despite signs of recovery in recent years, Fig. 4C demonstrates that the overall trend in the front dune of Cala Agulla over the last few decades has clearly been negative. This is evidenced by the patterns of erosion and the retreat of the system.

## Discussion

The fragmentation of the beach-dune system of Cala Agulla is closely related to the existence of blowouts on the first line. The presence of these deflation corridors has constituted an important setback for the system in recent decades. A number of theories have attempted to explain the erosive effects suffered by the sandy coastal systems. The first of these attributes erosion to rise in sea level, affecting unequally sandy coastal systems and their associated ecosystems (Church *et al.*, 2004; Fahrig, 2003; Nicholls *et al.*, 2007). Another theory links the erosion of beach-dune systems to the readjustment of sedimentary deposits in the Holocene period (Emery *et al.*, 1988; Tastet and Pontee, 1998). Finally, erosive effects have been ascribed to the lack of planning and management in coastal sandy systems and to the absence of rules and regulations governing public areas (Barros, 2001; Jaramillo *et al.*, 2002; Roig-Munar *et al.*, 2009). Finally, some authors have related the erosion processes to physical issues. In this sense Mir-Gual *et al.* (2013) concluded that the erosion processes on the beach and foredune strip are closely related with the presence of blowouts, which act as a deflation corridors. Within this thesis Smyth *et al.* (2012) showed how a blowout, according to its topography, act as a corridor which channels the airflow and increases the sediment transport landward. Thus, the results of this work suggest as well that the presence of the 14 blowouts inventoried have had an important role at the time to explain the dune front recoil over the last decades. In this regard, the spatial-temporal analysis performed shows an erosive trend along the first line of dunes, suggesting a direct relationship between the areas of maximum erosion and those with the highest attendance.

The dune front of Cala Agulla has undergone a considerable retreat over recent decades (1956-2010). Although this decline has been comprehensive, it has produced up with different intensities. The areas of maximum erosion have suffered regression in excess of 20 m, although the average retreat in the dune front is 10-20 m. Despite the general erosive trend, over recent years (2008-2010) in some parts of the beach there has been a slight recovery along the first line of dunes, mainly in the northern part.

Today the dunes on the first line of the Cala Agulla system show a significant state of fragmentation evidenced mainly by the presence of 14 blowouts along a 600 m long front. The blowouts identified were classified into different forms that are apparently heterogeneous. However, according to Hesp (2002), despite the wide variety of blowouts shapes in sandy coastal systems, most of them may be identified using the two morphologies described by Cooper (1958), i.e. trough and saucer blowouts. The present study subscribes to this theory, except in the case of conical blowouts, which have a particular shape and coincide with the two main entrances to the beach. Given that the conical blowout has the largest areas and the poorest vegetation, the adverse consequences of high attendance are aggravated. According to their current form 5 categories were differentiated: trough blowout (50%), saucer blowout (7.14%), mixed shape (14.29%), conical blowout (14.29%) and bitten blowout (14.29%). Two types of structure were distinguished: simple structures (78.57%) and branched structures (21.43%). The main orientations of the blowout analyzed are NE-SW (25%) and NNE-SSW (25%). However, in the southern part of the beach, which is more exposed to the prevailing wind direction,

the most important orientation is NNE-SSW, while in the central part it is ENE-WSW. The arrangement of blowouts shows a direct relationship between their orientation and the structural opening of the cove. Although data on existing wind dynamics on the front dune are not presented, this relationship suggests that the structural arrangement of the surrounding area can play an important role in both the formation and development of blowouts. The mean trend followed by blowout forms, with larger dimensions at the mouth, suggests that most erosion occurs at the bottom, bordering the emerged beach, whereas the inner parts, which are more protected by woody vegetation cover, are more resistant to erosion.

As for the dimensions, the average length of the blowout is 35.2 m (peaking at 64.37 m), with an average width of 3.35 m and a slope of 16.33%. Normally the width of the blowouts decreases from the front towards the interior. This trend is represented by the mean width of T1= 17.26 m, T2= 12.53 m and T3= 07.03 m. The conical blowouts present the largest areas ( $iA = 0.52$ ), whilst the area of saucer blowouts, with values of  $iA = 0.45$ , should also be noted. The minimum dimensions are in trough blowouts, especially in subtype B, with values of  $iA = 0.21$ .

The formation, evolution and intensification of blowouts are linked to the presence of vegetation. Some authors such as Pethick (2001), Hilton and Konlechner (2011) and Mir-Gual and Pons (2011) emphasize the role of vegetation in both conservation and the recovery of sandy coastal systems. This therefore is an important variable that should be taken into account in both the conservation of the dune front and in the evolution of blowouts. Herbaceous vegetation is characterized by its capacity to retain sediment on the front

line. Group (A) consists of 6 species - *Ammophila arenaria*, *Lotus cytisoides*, *Cutandia maritima*, *Cakile maritima*, and *Matthiola incana* *Pancreatium maritimum*. These species have a high presence at the sampling points and constitute the largest plant community at the dune front of Cala Agulla. As for woody species, with a high capacity for fixing mobile dunes, the A1 group is composed of 4 species - *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Rosmarinus officinalis* and *Pistacia lentiscus*- which also constitute the most important woody plant association along the first line dunes.

The relationship showing each species identified, at the sampling points, with the different types of blowouts defined above is not homogeneous. Mixed shape blowouts with  $Rt-v = 0.679$  is the typology that shows the strongest relationship with herbaceous vegetation, whereas the lowest relationship is shown by saucer blowouts, expressed as  $Rt-v = 0.429$ . The relation between woody vegetation and blowout typologies differs slightly from that of herbaceous vegetation. Although the mixed shape is still the type most associated with this kind of vegetation, with  $Rt-v = 0.438$ , the lowest relation is with the bitten blowout, with only  $Rt-v = 0.38$ .

After the results obtained in this work, as well as by others such as Smyth *et al.* (2012) or Mir-Gual *et al.* (2013), the presence of blowouts along the front dune can increase the potential erosion in these environments. In places such as Balearic Islands, with an important economical activity linked to the sun and beach tourism, the management efforts on beach-dune system conservation should have an important relevance. Unfortunately, in many cases the management policies have focused their efforts on economical features but never on environmental ones (Roig-

Munar *et al.*, 2009). The intervention along the first line of dunes is postulated as an important act to decrease the erosion of the emerged beach. Mir-Gual (2014) concludes that the existence of well-developed foredune is highly important by the proper equilibrium of the whole dune system. A proper first strip of dunes helps to decrease the speed of the wind incidence and increase the sedimentation processes by gravity. That avoids the deflation of sand located on the emerged beach through the blowouts. In this sense, and thinking with an optimum management for the conservation of these environments, getting a good foredune should be postulated as an essential action at the time to avoid the sand erosion from the beach to landward through the blowout morphologies, as well as to obtain a sediment reservoir available on the upper part of the emerged beach which help to rebuild the beach profile after erosion episodes.

## Conclusions

The beach-dune system of Cala Agulla today shows significant signs of fragmentation and degradation, mainly on the emerged beach and its dune front. The blowout forms on the front dune were characterized and quantified to assess the present situation of the system.

Fifteen blowouts were distinguished along circa 600m long beach front. The blowouts are distributed evenly along the first line of dunes, presenting the highest density in the southern and central part of the beach. On the basis of the geomorphological characteristics 5 categories were differentiated: a) trough blowout, b) saucer blowout, c) mixed shape, d) conical blowout, and e) bitten blowout, which adopts 2 types of structures: a) simple and

b) branched. Blowouts have a direct relationship with the erosion and the recoil of the whole dune complex. This is shown by the space-time analysis from 1956 to 2010, with average recoil of 10-20 m, although in some places exceed 20 m, as at points that coincide with the main entrances.

This case study highlights the role of vegetation in both conservation and the recovery of sandy coastal systems. However some species play a more important part than others because of their presence and degree of similarity. Thus some species such as *Ammophila arenaria* play an essential role in the conservation of dune fronts. There is no clear relationship between different types of blowout and inventoried plant species. However, it should be noted that conical blowouts, which coincide with the main entrances to the beach, have the lowest relationship with vegetation, which suggests a direct correlation between high attendance and decreased vegetation cover.

## Acknowledgements

This work was funded by the CGL2008-05724/BTE and CGL2010-18616 projects, and by the economic support given by the General Directorate of Universities, Research and Knowledge Transfer of Balearic Government, and a research scholarship (FPI) awarded to Miquel Mir-Gual by the General Directorate of Universities, Research and Knowledge Transfer of Balearic Government and co-financed by the European Social Fund (FEDER). We are indebted to George von Knorring for the English revision, and to two anonymous referees whose comments helped to improve the original manuscript.

## References

- Barros, F. 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches *Biological Conservation*, 97: 399-404
- Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., Fornós, J.J. and Tintoré, J. 2007. Evaluation of a small volume renourishment strategy on a narrow Mediterranean beach. *Geomorphology*, 88: 139-151.
- Bate, G. and Ferguson, M. 1996. Blowouts in coastal foredunes. *Landscape and Urban Planning*, 34: 215-224.
- Borichansky, L.S. and Mickhailov, V.N. 1996. Interaction of river and sea water in the absence of tides. Scientific problems of the humid Tropical deltas and their implications. UNESCO, pp. 175-180.
- Carter, R.W., Hesp, P. and Nordstrom, K.F. 1990. Erosional landforms i coastal dunes. In: Nordstrom, K.F., Psuty, N.P., Carter, R.W. (Eds.), *Coastal dunes: form and processes*. John Wiley, London, pp. 217-249.
- Church, J.A., White, N.J., Coleman, R., Lambeck, K. and Mitrovica, J.X. 2004. Estimates of the regional distribution of sea-level rise over the 1950-2000 period. *Journal of Climate*, 17: 2609-2625.
- Cooper, W.S. 1958. *Coastal sand dunes of Oregon and Washington*. Geological Society of America 72, 169.
- Davis, J.R. and Fitzgerald, D.M. 2004. *Beaches and Coasts*. Blackwell Publishing, Carlton (Australia).
- Delgado, I. and Lloyd, G. 2004. A simple low cost method for one person beach profiling. *Journal of Coastal Research*, 20: 1246-1252.
- Emery, K.O., 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.
- Emery, K.O., Aubrey, D.G., Goldsmith, V., 1988. Coastal Neo-tectonics of the Mediterranean from Tide-gauge Records. *Marine Geology*, 81: 41-52.
- Esler, A.E. 1970. Manawatu sand dune vegetation. *Proc. N. Z. Ecological Society*, 17: 41-46.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515.
- Glenn, M. 1979. Glossary. A study of global sand seas. In: McKee, E.D. (Ed.), US Geological Surveys Professional Paper, 1052. Washigton, pp. 399-407.
- González-Villanueva, R., Costas, S., Duarte, H., Pérez-Arlucea, M. and Alejo, I. 2011. Blowout evolution in a coastal dune: using GPR, aerial imagery and core records. *Journal of Coastal Research*, SI64: 278-282.
- Gutiérrez-Elorza, M., Desir, G., Gutiérrez-Santolalla, F. and Marín, C. 2005. Origin and evolution of playas and blowouts in the semiarid zone of Tierra de Pinares (Duero Basin, Spain). *Geomorphology*, 72: 177-192.
- Hesp, P. 1996. Flow dynamics in trough blowout. *Journal of Boundary-Layer Meteorology*, 77: 305-330.
- Hesp, P. 2002. Foredues and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48: 245-268.
- Hesp, P. and Hyde, R. 1996. Flow dynamics and geomorphology of trough blowouts. *Sedimentology*, 43 (3): 505-525.
- Hesp, P. and Walker, I.J. 2012. Three-dimensional Aeolian dynamics within a bowl blowout during offshore winds: Greenwich Dunes, Prince Edward Island, Canada. *Aeolian Research*, 3: 389-399.
- Hilton, M. and Konlechner, T. 2011. Incipient Foredues Developed from Marine-dispersed Rhizome of *Ammophila arenaria*. *Journal of Coastal Research*, SI64 (I): 288-292.
- Hugenholtz, C. H. and Wolf, S.A. 2009. Form-flow interactions of an aeolian saucer blowout. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34: 919-928.
- Jaramillo, E., Contreras, H. and Bollinger, A. 2003. Beach and faunal response to the construction of a seawall in a sandy beach of south central Chile. *Journal of Coastal Research*, 18: 523-529.
- Jennings, J.N. 1957. On the orientation of parabolic U-dune. *The Geographical Journal*, 124 (4): 474-480.
- Martín-Prieto, J.A., Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A. and Pons, G.X. 2006.

- Evenció de la línia de costa de la platja des Trenc. In: Mayol, J., Muntaner, L.L., Rullan, O. (Eds.), *Homenatge a Bartomeu Barceló i Pons*, geògraf, Leonard Muntaner Editor, Palma, pp. 423-440.
- Mir-Gual, M. 2014. *Analysis, characterization and dynamics of blowout erosive morphologies in dune systems of Mallorca and Menorca (Balearic Islands)*. PhD, University of the Balearic Islands, Spain, 423 pp.
- Mir-Gual, M. and Pons, G.X. 2011. Coast sandy strip fragmentation of a protected zone in the N of Mallorca (Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research*, SI64 (1): 1367-1371.
- Mir-Gual, M., Pons, G.X., Martín-Prieto, J.A., Roig-Munar, F.X. and Rodríguez-Perea, A. 2011. Estudio ecológico de un frente dunar como indicador cualitativo de su estado de conservación. Playa de es Comú de Muro (Mallorca, Islas Baleares). In: Montoya Montes, I., Rodríguez Santalla, I. and Sánchez García, M.J. (Eds.), *Actas de las VI Jornadas de Geomorfología Litoral*. Tarragona, Spain, pp. 111-114.
- Mir-Gual, M., Pons, G.X., Martín-Prieto, J.A., Roig-Munar, F.X. and Rodríguez-Perea, A. 2013. Geomorphological and ecological features of blowouts in a western Mediterranean coastal dune complex: a case study of the Es Comú de Muro beach-dune system on the island of Mallorca, Spain. *Geo Marine Letters*, 33: 129-141.
- Nicholls, R.J., Wong, P.P., Burkett, V., Codignotto, J.O., Hay, J., McLean, R., Ragoonaden, S. and Woodrofe, C. 2007. Coastal System and Low-lying Areas. In: *Climate change: Impacts, adaptation and vulnerability*. IPCC, Cambridge Press, pp. 315-356.
- Pethick, J. 2001. *An introduction to Coastal Geomorphology*. Edward Arnold Publishers, United States.
- Puleo, J.A., Pearre, N.S., He, L., Lauren, S., O'Neal, M., Pietro, L.S. and Fowler, M. 2008. A single-user subaerial beach profiler. *Journal of Coastal Research*, 24: 1080-1086.
- Ritchie, W. 1972. The evolution of coastal sand dunes. *Scottish Geographical Magazine*, 88: 19-35.
- Roig-Munar, F.X. 2004. Análisis y consecuencias de la modificación artificial del perfil de playa-duna provocado por el efecto mecánico de su limpieza. *Investigaciones Geográficas*, 33: 87-103.
- Roig-Munar, F.X. 2006. Quantificació de les pèrdues de sediment produïdes pels usuaris de les platges de Menorca (Illes Balears) com a factor erosiu significatiu. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 49: 115-122.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A. and Pons, G.X. 2009. Soft management of beach-dune systems as a tool for their sustainability. *Journal of Coastal Research*, SI56 (II): 1284-1288.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. and Mir-Gual, M. 2012. Risk assessment of beach-dune system erosion: beach management impacts on the Balearic Islands. *Journal of Coastal Research*, 28 (6): 1488-1499.
- Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Ph.D. Thesis, University of Balearic Islands, Mallorca, Spain.
- Servera, J. 2002. EuroSION Case Study. Can Picafort, Isle of Mallorca (Spain). In: [http://copranet.projects.euccd.de/files/000153\\_EUROSION\\_Can\\_Picafort\\_fin.pdf](http://copranet.projects.euccd.de/files/000153_EUROSION_Can_Picafort_fin.pdf)
- Servera, J., Gelabert, B. and Rodríguez-Perea, A. 2009. Development and setting of the Alcudia Bay beach-dune system (Mallorca, Spain). *Geomorphology*, 110: 172-181.
- Smith, H.T. 1960. Physiography and photo interpretation of coastal sand dunes. Final report NONR – 2242 (00), Office of Naval Research, Geographical Branch, 60 pp.
- Smyth, T.A.G., Jackson, D.W.T. and Cooper, J.A.G. 2011. Computational fluid dynamic modelling of three-dimensional airflow over dune blowouts. *Journal of Coastal Research* SI64 (1): 314-318.
- Smyth, T.A.G., Jackson, D.W.T. and Cooper, J.A.G. 2012. High resolution measured and modelled three-dimensional airflow over coastal bowl blowout. *Geomorphology*, 177-178: 62-73.



- Tastet, J.P. and Pontee, N. 1998. Morphochronology of coastal dunes in Medoc. A new interpretation of Holocene dunes in Southwestern France. *Geomorphology*, 25: 93-109.
- Thieler, E.R., Martin, D. and Ergul, A. 2003. The digital shoreline analysis system, version 2.0.: shoreline change measurement software extension for ArcView: USGS N.S. Geological survey open-file report, 03-078.
- Van Boxel, J.H., Jungerius, P.D., Kieffer, N. and Hample, N. 1997. Ecological effects of reactivation of artificially stabilized dunes. *Journal of Coastal Research*, 3: 57-62.60: 1-34.



# Diversitat florística de l'Àrea Natural d'Especial Interès del Cap de Cala Figuera-Refeubeig i àrea d'influència (Calvià-Mallorca)

Lorenzo GIL i Jaume SEGUÍ

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Gil, L. i Seguí, J. 2014. Diversitat florística de l'Àrea Natural d'Especial Interès del Cap de Cala Figuera-Refeubeig i àrea d'influència (Calvià-Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 105-127. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Conèixer la flora d'un territori es prioritari per abordar polítiques de conservació del medi natural. Amb aquest objectiu durant un període de dos anys s'ha dut a terme la catalogació de la flora de l'Àrea Natural d'Especial Interès del "Cap de Cala Figuera-Refeubeig" (Calvià-Mallorca) i la seva àrea de influència. Amb aquesta feina s'ha obtingut una aproximació a la riquesa florística d'aquest espai. En el present treball es presenten els resultats obtinguts, en forma de catàleg florístic, incloent la corologia de cada tàxon a l'espai estudiat, i una anàlisi biogeogràfica de la seva flora. En total, s'han catalogat 460 tàxons. De tots ells, destaca la citació d'*Eleusine tristachya*, primera troballa en situació naturalitzada a les Balears. Cal destacar l'elevada presència d'espècies al·lòctones invasores a la zona, 7,8% del total de la flora observada.

**Paraules clau:** Flora, Corologia, Biogeografia, Cala Figuera, Mallorca.

FLORISTIC DIVERSITY OF THE NATURAL AREA OF SPECIAL INTEREST OF CAP DE CALA FIGUERA-REFEUBEIG AND INFLUENCED AREA (CALVIÀ-MALLORCA). The preservation of Mediterranean environments necessitates an exhaustive knowledge territory's flora of the territory, which constitutes the basis of the ecosystem. For this reason the vascular flora of the Natural Area of Special Interest of Cap de Cala Figuera-Refeubeig (Calvià-Mallorca) has been catalogued during two years period. An approximation to the floristic richness of this area has been obtained. In this paper, the floristic catalog, the chorology of each taxa, and the biogeographic analysis of this flora have been presented. In total, 460 taxa have been catalogued in the study area. *Eleusine tristachya* is a new species for the flora of Majorca, as a new naturalised plant in Majorca. 7.8% of the totally observed flora are considered aliens species.

**Keywords:** Flora, Chorology, Biogeography, Cala Figuera, Majorca.

Lorenzo GIL, Dpt. Biologia. Universitat de les Illes Balears. Ctra. Valldemossa, km 7,5. 07122-Palma de Mallorca. [lorenzo.gil@uib.es](mailto:lorenzo.gil@uib.es), Jaume SEGUÍ, Dpt. Biodiversitat i Conservació. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB). Esporles, Illes Balears. [jsegui@imedea.uib-csic.es](mailto:jsegui@imedea.uib-csic.es)

Recepció del manuscrit: 15-gen-14; revisió acceptada: 9-oct-14.

## Introducció

A la Conca Mediterrània, i en especial a les Illes Balears, una de les principals

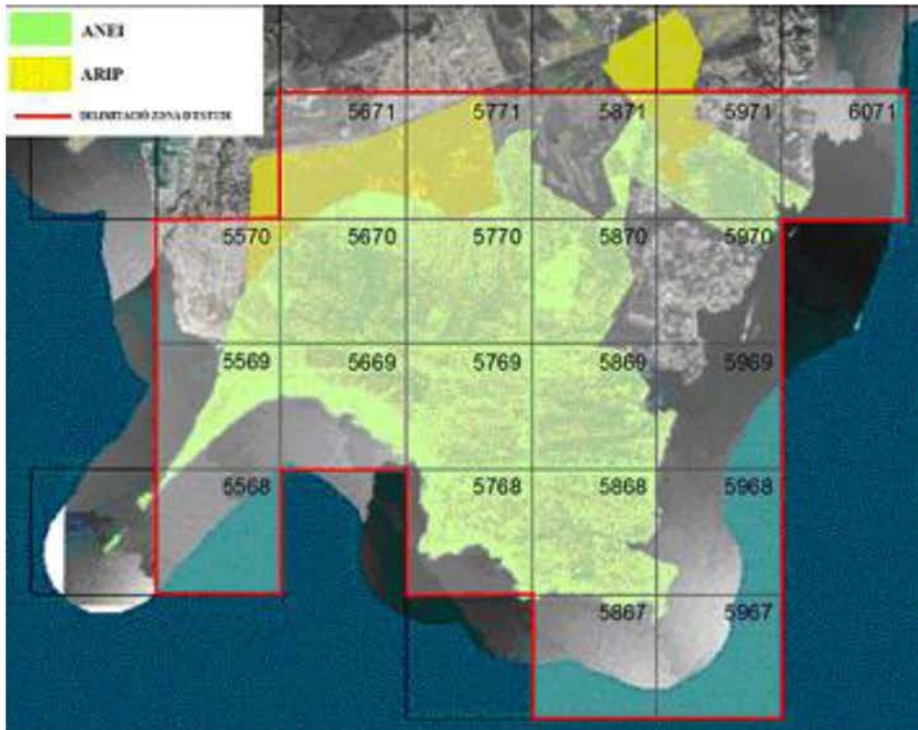
amenaces per a la flora silvestre local és la pèrdua del seu hàbitat i la pressió antròpica que recau sobre ella (Delanoë *et al.*, 1996; Underwood *et al.*, 2009). Aquesta pèrdua

d'hàbitat es veu incrementada especialment a les zones costeres per la pressió urbanitzadora derivada del turisme de sol i platja (Vogiatzakis *et al.*, 2006). Això està produint una important fragmentació i reducció dels hàbitats costaners presents a Mallorca. Aquest efecte és molt patent al municipi de Calvià, on pràcticament tot el litoral del municipi es troba urbanitzat, només el Cap de Cala Figuera i una petita zona de Cap Andritxol es mantenen sense ser urbanitzades.

Degut a la importància ecològica de l'àrea del Cap de Cala Figuera, aquesta zona va ser declarada Àrea Natural d'Especial Interès (ANEI) pel Govern de les Illes Balears, el 30 de gener de 1991

juntament amb altres 79 àrees de les illes (Llei 1/1991). Al 1992, amb la entrada en vigor de la Xarxa Natura 2000, aquest espai també va ser declarat Lloc d'Importància Comunitària (LIC) i Zona d'Especial Protecció de les Aus (ZEPA), degut a la presència d'hàbitats i espècies presents a la Directiva Hàbitat (92/43/CEE).

Malgrat aquesta importància ecològica, i trobar-se en una zona amb una alta pressió antròpica, a més de fragmentada d'altres zones naturals, la flora d'aquesta ANEI mai ha estat estudiada a fons, trobant-se fins ara a la bibliografia exclusivament citacions puntuals d'alguns tàxons presents a la zona, com *Bupleurum semicompositum*, *Atractylis cancellata* (Bolòs i Molinier, 1958),



**Fig. 1.** Àrea estudiada i divisió en quadrícules UTM d'1x1 km.

**Fig. 1.** Study area and UTM 1x1 Km grid.

*Euphorbia maresii* subsp. *maresii* (Alomar et al., 1995), *Aizoon hispanicum*, *Diploaxis ibicensis* (Bibiloni et al., 1996; Sáez et al., 2011) i *Astragalus balearicus* (Bibiloni et al., 1996).

Es presenta, per tant, el primer catàleg de la flora vascular de la zona de Cala Figuera i la seva àrea d'influència (unes 1350 ha). En primer lloc donam una informació general que permeti ubicar florísticament el territori estudiat. Posteriorment es troba el catàleg florístic, amb el llistat de tàxons presents a la zona d'estudi i les quadrícules UTM d'1x1 on han estat vistes, i finalment presentam una anàlisi biogeogràfica a partir de les dades obtingudes.

L'objectiu principal del nostre estudi és, per una part, aportar un coneixement més acurat dels tàxons vasculars que integren l'entorn de l'ANEI del Cap de Cala Figuera, essent conscients que un treball d'aquest tipus mai es pot considerar acabat, ja que contínuament apareixen nous tàxons i en desapareixen d'altres amb una certa periodicitat. Per altra part, amb la informació corològica dels tàxons, oferim una eina per avaluar en un futur com evoluciona la flora d'aquest territori, especialment les espècies endèmiques i rares, en una àrea amb una certa riquesa florística, però totalment aïllada i amb una alta vulnerabilitat, ja que es tracta d'un indret natural entre zones densament urbanitzades.

## Material i mètodes

L'Àrea Natural d'Especial Interès (ANEI) del Cap de Cala Figuera-Rafeubeig, és un espai natural protegit pel Govern de les Illes Balears de 783 ha (Fig. 1), que va ser declarat com a tal, el 30 de gener de 1991 juntament amb uns altres 79 àrees de les Illes Balears.

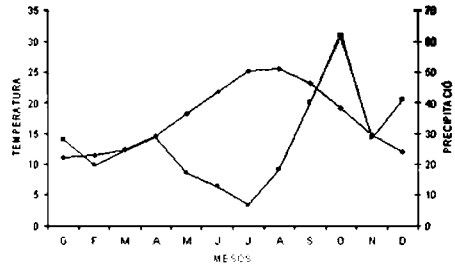


Fig. 2. Diagrama ombrotèrmic de la quadrícula DD5868 (dades climàtiques, Guijarro, 1986).

Fig. 2. Ombroclimatic diagram of DD5868 grid (climatic data, Guijarro, 1986).

Aquesta zona costanera es troba al sudoest de l'illa de Mallorca, al límit meridional del terme municipal de Calvià, entre les poblacions d'El Toro, Son Ferrer i la zona turística de Cala Vinyes. El cap de Cala Figuera tanca la costa occidental de la Badia de Palma. Es tracta d'una àrea litoral de fins a 161 metres d'altura, ondulada i rocosa, que finalitza en una costa rocosa, a excepció de petites cales situades a l'est, formades per llits de torrents. L'àrea inclou dos illots abruptes situats a l'extrem W que es troben separats de terra ferma per un estret de uns 40 metres.

Tota la zona és de constitució calcària, amb gran abundància d'arenisques consolidades, essent molt intensos els fenòmens erosius degut a l'acció del vent, del mar i de la pluja. Abunden les coves, forats i esquerdes, especialment a la zona de penya-segats.

La climatologia de l'àrea correspon a un típic clima mediterrani semiàrid. Les dades climàtiques s'han obtingut del programa CLIBA2 (Guijarro, 1986). Les dades climàtiques que es presenten corresponen a la quadrícula 31SSDD5868 (Fig. 2).

El període de sequera estival, propi del clima mediterrani, per terme mitjà, abarca pràcticament vuit mesos, de febrer a setembre, si bé aquest valor, com també és

típic d'aquest clima, és extraordinàriament variable d'un any a un altre.

La precipitació mitjana anual és de 327 mm. La temperatura mitjana anual és de 17,5°C; la temperatura mínima mitjana del mes més fred, gener, és de 7,6°C; la temperatura màxima mitjana del mes més càlid, agost, és de 30,3°C. A la taula 1 s'exposen els principals índexs bioclimàtics de l'àrea estudiada (Rivas-Martínez, 1995; 1996).

La caracterització bioclimàtica de Cala Figuera es correspon amb el macrobioclima mediterrani, amb un bioclima xèric-oceànic, termotip termomediterrani inferior i ombrotip semiàrid (Taula 1).

Per a la realització del present estudi, s'ha visitat la zona de Cala Figuera i voltants durant un període de dos anys, en concret, de juliol de 2011 a juny de 2013. La recollida de dades florístiques s'ha realitzat en quadrícules UTM d'1x1 km (Fig. 1), amb l'ajuda d'un GPS marca Magellan explorist 500, de tal manera que per a la realització del catàleg florístic definitiu s'han usat les dades de les 21 quadrícules UTM que ocupa l'ANEI de cala Figuera. Tota l'àrea d'estudi, com tota l'illa de Mallorca, es troba en el fus 31S. Les visites es realitzaren setmanalment o quinzenalment. Durant els períodes fenològicament més actius s'intensificaren les sortides. Els recorreguts que es feien a la zona d'estudi s'alternaven, de tal manera que totes les zones accessibles de l'àrea d'estudi foren visitades almenys una vegada al mes, o dues durant els períodes més intensos de floració.

Els 460 tàxons determinats en aquest estudi es presenten ordenats per grups taxonòmics; les famílies i gèneres a cada grup s'ordenen alfabèticament. Per a la nomenclatura dels tàxons s'ha usat com a referència, sempre que ha estat possible, *Flora Iberica* (Castroviejo *et al.*, 1986-

2014). Per a cada tàxon s'inclou la informació corològica amb les quatre xifres que designen la quadrícula d'1x1 km. Totes aquestes dades haurien d'anar precedides per la combinació 31SDD.

Les espècies citades per altres autors es presenten al llistat precedides per un asterisc i amb l'expressió *n.v.* (no vista), així com amb la referència bibliogràfica corresponent. Les espècies catalogades, de les que s'ha trobat alguna referència a quadrícules on els autors no les han trobades, es presenten com a vistes, però a la quadrícula corresponent s'indica la referència de l'autor i de la citació.

Per a la realització del treball s'han usat, a més del GPS, tota una sèrie d'elements com: claus de determinació (Castroviejo *et al.*, 1986-2012; Pignatti, 1982; Bolòs *et al.*, 1990; Gil i Llorens, 1999; Carretero, 2004), lupa binocular, material de dissecció i mapes de la zona. De cada espècie localitzada s'ha procurat recollir una mostra d'herbari, com a referència de la determinació correcta de l'espècie. Aquestes plecs formen part dels herbaris propis dels autors.

Per a l'anàlisi biogeogràfica de la flora de l'àrea estudiada s'ha assignat a cada tàxon la seva forma vital segons els criteris proposats per Raunkjaer (1934) i Braun-Blanquet (1951). Per això s'ha usat com a referència, sempre que ha estat possible, l'assignació proposada per Fraga *et al.* (2004). En els casos que això no ha estat possible, s'han assignat les utilitzades per

Índexs bioclimàtics	Valor
Índex de termicitat (It)	398
Índex ombrotèrmic (Io)	1,6
Índex de continentalitat	14,50

**Taula 1.** Principals índexs bioclimàtics calculats per la quadrícula 31SDD5868.

**Table 1.** Bioclimatic indices calculated for DD5868 grid.

Cardona (2011) i per Gil i Cardona (2012). Així mateix a cada tàxon se li ha assignat la seva corologia, seguint les proposades per Pignatti (1982), Castroviejo *et al.* (1986-2012), Bolòs *et al.* (1990) i Fraga *et al.* (2004). També s'assigna a cada tàxon l'hàbitat, o hàbitats, on ha estat localitzat; per això s'ha usat la nomenclatura fitosociològica (Rivas-Martínez *et al.*, 2001). Lògicament, si alguna de les categories no es corresponen amb les observades al camp, les observacions de camp són les usades.

Les espècies citades per altres autors, i que nosaltres no hem vist, s'han exclòs de l'anàlisi biogeogràfica.

## Catàleg florístic

El catàleg florístic del LIC de Cala Figuera ha quedat configurat de la següent manera:

### CRIPTOGAMES VASCULARS

#### ADIANTACEAE

*Adiantum capillus-veneris* L., 5669, 5768, 5868.

#### ASPLENIACEAE

*Asplenium azomanes* Rosselló, Cubas & Rebassa, 5570.

*Asplenium trichomanes* L. subsp. *quadrivalens* D.E. Meyer, 5570.

*Ceterach officinarum* Willd., 5768.

#### POLYPODIACEAE

*Polypodium cambricum* L. subsp. *cambricum*, 5570 (n.v., Gсталver, 2005), 5670, 5768, 5770, 5868.

#### SELAGINELLACEAE

*Selaginella denticulata* (L.) Spring, 5670, 5769, 5770, 5869, 5971.

### SPERMATOPHYTA

#### GYMNOSPERMAE

#### CUPRESSACEAE

\**Juniperus oxycedrus* L., n.v., 5868 (Cano & Borràs, 2001)

*Juniperus turbinata* Guss., 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5968, 5969.

#### EPHEDRACEAE

*Ephedra fragilis* Desf., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

#### PINACEAE

*Pinus halepensis* Mill. var. *halepensis*, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

### ANGIOSPERMAE

#### Dicotyledones

#### AIZOACEAE

*Aizoon hispanicum* L., 5569, 5669, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5968, 5969.

*Aptenia cordifolia* (L. fil.) Schwanthes, 5570, 5869, 5870, 5871, 5970, 6071.

*Carpobrotus acinaciformis* (L.) L., 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5967, 5968, 5970.

*Carpobrotus edulis* (L.) N. E. Br., 5768, 5867, 5868, 5869, 5967, 5968, 5970, 5971, 6071.

*Lampranthus roseus* (L.) N. E. Br., n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001).

*Mesembryanthemum crystallinum* L., 5569, 5669, 5967.

*Mesembryanthemum nodiflorum* L., 5568, 5569, 5570, 5669, 5768, 5867, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969.

*Tetragonia tetragonioides* (Pallas) O. Kuntze, 5869.

#### AMARANTHACEAE

*Amaranthus graecizans* L. subsp. *sylvestris* (Vill.) Brennan, 5771, 5870, 5970, 6071.

*Amaranthus hybridus* L., 5771.

*Amaranthus muricatus* (Gillies ex Moq.) Hieron, 5671, 5771.

*Amaranthus retroflexus* L., 5569, 5970, 6071.

*Amaranthus viridis* L., 5570, 5671.

#### ANACARDIACEAE

*Pistacia lentiscus* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

#### ARALIACEAE

*Hedera helix* L., 5971.

#### BIGNONIACEAE

*Campsis radicans* (L.) Seem ex Bureau, 6071.

#### BORAGINACEAE

*Borago officinalis* L., 5570.

*Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst. subsp. *arvensis*, 5771.

*Cynoglossum creticum* Mill., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5771, 5869, 5971.

*Echium arenarium* Guss., 5569, 5570, 5868.

*Echium parviflorum* Moench, 5570, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5870, 5969.

\**Echium sabulicola* Pomel, n.v., 5570 (Gastalver, 2005).

*Heliotropium europeum* L., 5570, 5671, 5771, 5867, 5869, 5870, 5970, 5971, 6071.

*Neatostema apulum* (L.) I.M. Johnst., 5768, 5769, 5868, 5869, 5969, 5971.

#### CACTACEAE

*Cylindropuntia* sp., 5669, 5868, 5869, 6071.

*Opuntia ammophila* Small, 5569, 5669, 5869, 5871, 5971.

*Opuntia* cf. *engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm., 5669, 6071.

*Opuntia maxima* Mill., 5570, 5768, 5869, 5871, 5970, 6071.

#### CAMPANULACEAE

*Campanula erinus* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5868, 5869, 5969.

#### CAPRIFOLIACEAE

*Lonicera implexa* Aiton, 5770, 5868, 5869.

#### CARYOPHYLLACEAE

*Arenaria leptoclados* (Rchb.) Guss., 5868, 5869, 5969.

*Cerastium glomeratum* Thuill., 5868.

*Herniaria cinerea* DC., 5771.

*Polycarpon tetraphyllum* (L.) L. subsp. *tetraphyllum*, 5569, 5570, 5671, 5771, 5868.

*Sagina apetala* Ard., 5569, 5570, 5671, 5771, 5869.

*Sagina maritima* G. Don, 5568, 5569, 5968.

*Silene nocturna* L., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5868, 5869, 5969.

*Silene sclerocarpa* Léon Dufour, 5569, 5967, 5968, 5970.

*Silene secundiflora* Otth, 5568, 5569.

*Silene vulgaris* (Moench) Garcke subsp. *vulgaris*, 5570, 5771.

*Spergularia bocconei* (Scheele) Graebner, 5968.

\**Spergularia diandra* (Guss.) Boiss., n.v., 5569 (Ribas, 2005).

*Spergularia marina* (L.) Besser, 5569, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Spergularia media* (L.) C. Presl, 5868, 5968.

*Spergularia rubra*, 5568, 5669, 5968, 5771, 5969.

*Stellaria media* (L.) Vill., 5570, 5971.

*Stellaria pallida* (Dumort.) Piré, 5569.

#### CHENOPODIACEAE

*Arthrocnemum macrostachyum* (Moris.) Moris., 5569.

*Atriplex halimus* L., 5569, 5570, 5671, 5868, 5869, 5870, 5970, 5971, 6071.

*Atriplex prostrata* Boucher ex DC., 5568, 5569.

*Beta macrocarpa* Guss., 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869.

*Beta maritima* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5869, 5969.

*Beta vulgaris* L., 5570, 5771, 5869.



*Chenopodium album* L., 5570, 5671, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5970, 5971, 6071.

*Chenopodium murale* L., 5568, 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5771, 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5871, 5971, 6071.

*Chenopodium opulifolium* Schrad. ex Koch & Ziz, 5871.

*Salsola kali* L., 5869, 5970, 5971.

*Suaeda spicata* (Willd.) Moq., 5569, 5869.

*Suaeda vera* Forssk. ex L.F. Gmel., 5569, 5868, 5869, 5970, 5971.

#### CISTACEAE

*Cistus albidus* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Cistus monspeliensis* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970.

*Cistus salviifolius* L., 5970.

*Fumana ericoides* (Cav.) Gand., 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5970, 5971, 6071.

*Fumana laevipes* (L.) Spach, 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Fumana laevis* (Cav.) Pau, 5569, 5570, 5669, 5769, 5869, 5871, 5971.

*Fumana thymifolia* (L.) Spach ex Webb, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5768, 5769, 5770, 5771, 5869, 5871, 5969.

*Xolantha guttata* (L.) Raf., 5569, 5768, 5769, 5869, 5968.

*Xolantha plantaginea* (Willd.) Gallego, Muñoz Garm. & C. Navarro, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5769, 5868.

#### CNEORACEAE

*Cneorum tricoccon* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971, 6071.

#### COMPOSITAE

*Aetheorhiza bulbosa* (L.) Cass. subsp.

*bulbosa*, 5869.

*Aetheorhiza bulbosa* (L.) Cass. subsp. *wilkommii* (Burnat & Barbey) Rech. fil., 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5868, 5869, 5871, 5968, 5969, 5971.

*Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers., 5771.

*Anthemis arvensis* L. 5771.

*Aster squamatus* (Spreng.) Hieron., 5570, 5671, 5771, 5869, 5970, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Asteriscus aquaticus* (L.) Less., 5569, 5669, 5768, 5868, 5967, 5968, 5969.

*Asteriscus maritimus* (L.) Less., 5967.

*Atractylis cancellata* L., 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5968, 5969, 5970, 6071.

*Bellis annua* L. subsp. *annua*, 5670, 5671, 5771, 5869.

*Bellium bellidioides* L., 5669, 5768, 5769, 5869.

*Calendula arvensis* L., 5569, 5570, 5671, 5769, 5771, 5868, 5869, 5871, 5970.

*Carduus tenuiflorus* Curtis, 5569, 5570, 5671, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5871, 5971, 6071.

*Carlina corymbosa* L. subsp. *corymbosa*, 5570, 5669, 5670, 5671, 5770, 5771, 5971.

*Carthamus lanatus* L., 5771, 5870.

*Centaurea aspera* L. subsp. *aspera*, 5569, 5570 (n.v., Gastalver, 2005).

*Centaurea melitensis* L., 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5969, 5971, 6071.

*Chrysanthemum coronarium* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5671, 5769, 5771, 5869, 5870, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Cichorium intybus* L., 5570, 5771, 5970.

*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, 5569, 5570, 5669, 5671, 5770, 5771, 5869, 5870, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker, 5869, 5870, 5871, 5971, 6071.

*Crepis vesicaria* L. subsp. *vesicaria*, 5570, 5671, 5771, 5870.

*Dittrichia graveolens* (L.) Greuter, 5770, 5870, 6071.

*Dittrichia viscosa* (L.) Greuter subsp. *viscosa*, 5570, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5967, 5968, 5970, 5971, 6071.

*Evax pygmaea* (L.) Brot., 5569, 5570, 5768, 5769, 5868, 5869, 5969.

*Filago congesta* Guss. ex DC., 5569.

*Filago pyramidata* L. subsp. *pyramidata*, 5569, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5769, 5868, 5869, 5969.

*Galactites tomentosa* Moench, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5670, 5671, 5771, 5869, 5970, 5971, 6071.

*Gymnostiles stolonifera* (Brot.) Tutin, 5569.

*Hedypnois cretica* (L.) Dum.-Courset subsp. *monspeliensis* (Willd.) Murb., 5671, 5769, 5771, 5868, 5869, 5969.

*Hedypnois rhagadioloides* (L.) F.W. Schmidt, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5770, 5868, 5869.

*Helichrysum stoechas* (L.) Moench, 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5770, 5867, 5868, 5869, 5967, 5968, 5970, 5971, 6071.

*Hyoseris radiata* L., 5868, 5869, 5871, 5969, 5971.

*Hyoseris scabra* L., 5569, 5669, 5868.

*Hypochoeris achyrophorus* L., 5570, 5669, 5671, 5771, 5869.

*Inula crithmoides* L., 5867, 5869, 5967, 5970.

*Leontodon tuberosus* L., 5670, 5971.

*Leuzea confifera* (L.) DC., 5770, 5771, 5971.

*Logfia gallica* (L.) Coss & Germ., 5769.

*Onopordon macracanthum* Schousb., 5769.

*Pallenis spinosa* (L.) Cass. var. *spinosa*, 5569 (Ribas, 2005), 5570, 5669, 5670, 5671, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Phagnalon rupestre* (L.) DC., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Phagnalon saxatile* (L.) Cass., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Reichardia picroides* (L.) Roth subsp. *picroides*, 5569, 5570, 5671, 5768, 5770, 5771, 5869, 5871, 5970, 5971.

*Reichardia tingitana* (L.) Roth, 5568, 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969.

*Santolina chamaecyparissus* L. subsp. *magonica* O. Bolòs, Molin. & P. Monts., 5569, 5570, 5670.

*Scolymus hispanicus* L., 5671, 5771, 5871, 5971.

*Senecio angulatus* L. fil., 5570, 6071.

*Senecio rodriguezii* Willk. ex J.J. Rodr., 5569, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5967.

*Senecio vulgaris* L., 5570, 5671, 5771, 5869, 5870, 5871, 5969, 5971, 6071.

*Silybum marianum* (L.) Gaertn., 5569, 5671, 5768, 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5771, 5870, 5970, 5971.

*Sonchus oleraceus* L., 5569, 5570, 5671, 5771, 5868, 5869, 5971, 6071.

*Sonchus tenerrimus* L. var. *tenerrimus*, 5568, 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Urospermum dalechampii* (L.) Scop. ex F.W. Schmidt, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5671, 5771, 5868, 5869, 5871.

*Urospermum picroides* (L.) Scop. ex F.W. Schmidt, 5569, 5570, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5968, 5969.

*Xanthium spinosum* L., 5971.

#### CONVOLVULACEAE

*Convolvulus althaeoides* L. subsp. *althaeoides*, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570,

5669, 5671, 5770, 5771, 5869, 5871, 5971, 6071.

*Convolvulus arvensis* L. subsp. *arvensis*, 5570, 5671, 5771.

*Convolvulus siculus* L., 5969.

*Cuscuta epithimum* (L.) L. subsp. *kotschyi* (Des Moul.) Arcang., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5868.

#### CRASSULACEAE

*Aeonium arboreum* (L.) Webb & Berth., 5869, 6071.

*Crassula tillaea* Lest.-Garl., 5569, 5669, 5868, 6071.

*Kalanchoe* cf. *delagoensis* Eckl. & Zeyh., 5570, 5869, 5970.

*Sedum rubens* L., 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5868, 5967, 5968, 5969.

*Sedum sediforme* (Jacq.) Pau, 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5867, 5868, 5869, 5870, 5967, 5968, 5969, 5970, 6071.

*Umbilicus gaditanus* Boiss., 5768, 5868, 5969.

#### CRUCIFERAE

*Cakile maritima* Scop. subsp. *maritima*, 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5871.

*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., 5570, 5671, 5771.

*Cardamine hirsuta* L., 5570.

*Cardaria draba* (L.) Desv., 5771.

*Carrichtera annua* (L.) DC., 5569, 5570, 5669, 5768, 5868, 5869, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Coronopus didymus* (L.) Sm., 5671.

*Diplotaxis eruroides* (L.) DC., 5570, 5771, 5871, 5970, 5971.

*Diplotaxis ibicensis* (Pau) Gómez Campo, 5569, 5669, 5868.

*Diplotaxis muralis* (L.) DC., 5969.

*Diplotaxis viminea* (L.) DC., 5669.

*Eruca vesicaria* (L.) Cav., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5870.

*Hymenolobus procumbens* (L.) Nutt. subsp. *procumbens*, 5568, 5569, 5868, 5968.

*Lobularia maritima* (L.) Desv., 5669.

*Matthiola incana* (L.) R. Br., 5570, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Raphanus raphanistrum* L. subsp. *landra* (Moretti ex DC.) Bonnier & Layens, 5869.

*Rapistrum rugosum* (L.) All. subsp. *linnaeanum* (Coss.) Rouy & Foucaud, 5771.

*Sinapis alba* L., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5671, 5770, 5771, 5970.

*Sinapis arvensis* L., 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Sisymbrium erysimoides* Desf., 5569, 5869, 5969, 6071.

*Sisymbrium irio* L., 5569, 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5669, 5671.

#### CUCURBITACEAE

*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld, 5870.

*Ecbalium elaterium* (L.) A. Rich. subsp. *elaterium*, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5870, 5970.

#### DIPSACACEAE

*Scabiosa atropurpurea* L., 5570, 5770, 5871, 5971.

#### ERICACEAE

*Erica multiflora* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

#### EUPHORBIACEAE

*Chamaesyce prostrata* (Aiton) Small, 5671, 5771, 5869.

*Chamaesyce serpens* (Kunth) Small, 5771, 5870, 5970, 6071.

*Chrozophora tinctoria* (L.) Raf., 5870.

*Euphorbia characias* L., 6071.

*Euphorbia exigua* L. subsp. *exigua*, 5569, 5669, 5671, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969.

*Euphorbia helioscopia* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5671, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5870.

*Euphorbia maresii* Knoche subsp. *maresii*, 5569, 5669.

*Euphorbia peplus* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5669, 5771, 5868, 5869, 5870, 5969, 5971.

*Euphorbia pithyusa* L., 5569, 5570, 5768, 5867, 5868, 5967, 5968.

*Euphorbia segetalis* L. var. *segetalis*, 5671, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Euphorbia serrata* L., 5570, 5771, 5871, 5971.

*Euphorbia terracina* L., 5570, 5869, 5870, 5871, 5970.

*Mercurialis ambigua* L. fil., 5570, 5669, 5771, 5869, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Ricinus communis* L., 5870, 6071.

#### FAGACEAE

*Quercus coccifera* L., n.v., 5868 (Cano & Borràs, 2001).

#### FRANKENIACEAE

*Frankenia composita* L., 5869.

*Frankenia hirsuta* L., 5568, 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5968.

*Frankenia laevis* L., 5669, 5771.

*Frankenia pulverulenta* L., 5568, 5869.

#### GENTIANACEAE

*Blackstonia perfoliata* (L.) Huds. subsp. *perfoliata*, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5868, 5869, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Centaurium discolor* (Gand.) Ronniger, 5869.

*Centaurium erythraea* Rafin. subsp. *erythraea*, 5869.

*Centaurium maritimum* (L.) Fritsch, 5769, 5869.

*Centaurium pulchellum* (Swartz) Druce, 5569, 5768, 5769, 5868, 5869, 5968, 5969.

*Centaurium spicatum* (L.) Fritsch, 5768, 5868, 5970.

*Centaurium tenuiflorum* (Hoffmanns. & Link) Fritsch, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5969.

#### GERANIACEAE

*Erodium chium* (L.) Willd. subsp. *chium*, 5569, 5570, 5669, 5869, 5968, 5970.

*Erodium cicutarium* (L.) L'Hér., 5569, 5669, 5670, 5868, 5869, 5969, 5971.

*Erodium malacoides* (L.) L'Hér., 5570, 5671, 5771, 5868, 5869, 5969.

*Erodium moschatum* (L.) L'Hér., 5570, 5671, 5771, 5870, 5971, 6071.

*Geranium dissectum* L., 5570, 5771.

*Geranium molle* L., 5868.

*Geranium purpureum* Vill., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5670, 5671, 5770, 5868, 5869, 5871, 5970, 5971.

*Geranium rotundifolium* L., 5570, 5868, 5869.

#### GLOBULARIACEAE

*Globularia alypum* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

#### GUTTIFERAE

*Hypericum balearicum* L., 5570, 5869 (Cano & Borràs, 2001).

*Hypericum perforatum* L., 5570, 5670, 5671, 5770, 5771, 5871, 5971.

#### LABIATAE

*Ajuga iva* (L.) Schreb. "sensu lato", 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5871, 5969, 5971, 6071.

*Ajuga iva* (L.) Schreb. subsp. *iva*, 5869.

*Ajuga iva* (L.) Schreb. subsp. *pseudo-iva* (DC.) Briq., 5669.

\**Lamium amplexicaule* L., n.v., 5570 (Gastalver, 2005).

*Lavandula dentata* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Marrubium vulgare* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5771, 5869, 5971.

*Micromeria filiformis* (Aiton) Benth., 5768, 5868, 5968, 6071.

*Micromeria microphylla* (D'Urv.) Benth. subsp. *rodriguezii* (Freyn & Janka) O. Bolòs & Vigo, 5570, 5770, 5868, 5869, 5971.

*Micromeria nervosa* (Desf.) Benth., 5770, 5971.

*Rosmarinus officinalis* L. var. *palaui* O. Bolòs & Molin., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Salvia verbenaca* L. subsp. *verbenaca*, 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5671.

*Sideritis romana* L. subsp. *romana*, 5768, 5769, 5868, 5869, 5968, 5969.

*Stachys ocymastrum* (L.) Briq., 5771.

\**Teucrium botrys* L., n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001).

*Teucrium capitatum* L. subsp. *majoricum* (Rouy) T. Navarro & Rosúa, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

\**Teucrium flavum* L., n.v., 5769 (Cano & Borràs, 2001).

#### LAURACEAE

*Laurus nobilis* L., 5570.

#### LEGUMINOSAE

*Anthyllis cytisoides* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Astragalus balearicus* Chater, 5867, 5868, 5967, 5968.

*Astragalus boeticus* L. n.v., 5570, (Gastalver, 2005).

*Astragalus hamosus* L., 5671.

*Bituminaria bituminosa* L., 5570, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5870, 5871, 5970, 5971.

*Ceratonia siliqua* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Coronilla juncea* L., 5869.

*Coronilla scorpioides* (L.) Koch, n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001).

*Dorycnium pentaphyllum* Scop. subsp. *pentaphyllum*, 5970.

*Genista tricuspidata* Desf. subsp. *lucida* (Camb.) L. Llorens, 5569, 5570, 5669, 5670, 5769.

*Hedysarum spinosissimum* L., 5671.

*Hippocrepis biflora* Spreng., 5671.

*Hippocrepis ciliata* Willd., 5569, 5570, 5671, 5769, 5868 (Cano & Borràs, 2001), 5869, 5969.

*Lathyrus cicera* L., 5570, 5771.

*Lathyrus saxatilis* (Vent.) Vis., 5868.

*Lotus corniculatus* L., 5570.

*Lotus cytisoides* L., 5869, 5871, 5969.

*Lotus edulis* L., 5569, 5570, 5671, 5771, 5869, 5869.

*Lotus ornithopodioides* L., 5570, 5671, 5771.

*Medicago littoralis* Rohde ex Loisel., 5569, 5570, 5868, 5869, 5968, 5969.

*Medicago lupulina* L., 5871.

*Medicago minima* (L.) L., 5569, 5570, 5669, 5671, 5769, 5868, 5869, 5969.

*Medicago polymorpha* L., 5569, 5570, 5671, 5769, 5771, 5869.

*Medicago truncatula* Gaertn., 5869.

*Medicago turbinata* (L.) All., 5969.

*Melilotus indicus* (L.) All., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5967, 5968.

*Melilotus sulcatus* Desf., 5570, 5671, 5771.

*Ononis minutissima* L., 5770, 5868.

\**Ononis mitissima* L., n.v., 5868 (Cano & Borràs, 2001).

*Ononis ornithopodioides* L., 5671, 5868, 5969.

*Ononis reclinata* L. subsp. *reclinata*, 5769, 5868, 5869, 5968.

*Ononis viscosa* L. subsp. *breviflora* (DC.) Nyman, 5570, 5771, 5869 (Cano & Borràs, 2001), 5870.

*Parkinsonia aculeata* L., 5671, 5870, 6071.

*Scorpiurus sulcatus* L., 5671, 5771.

\**Spartium junceum* L., n.v., 5570 (Gastalver, 2005)

*Trifolium campestre* Schreb., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5868, 5869.

*Trifolium scabrum* L., 5570, 5868, 5869, 5969.

*Trifolium stellatum* L., 5570, 5671, 5771, 5868, 5869.

*Trigonella monspeliaca* L., 5671, 5969.

*Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr., 5569, 5570, 5671.

*Vicia angustifolia* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5671, 5771, 5869.

\**Vicia cordata* Hoppe, n.v., 5570 (Gastalver, 2005). Probablement es tracta d'un error de determinació. Amb molta probabilitat es tractaria de *Vicia sativa* L. subsp. *sativa*.

#### LINACEAE

*Linum strictum* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5768, 5769, 5868, 5869, 5968, 5969, 5970, 5971.

*Linum trigynum* L., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5871, 5967, 5968, 5969.

#### MALVACEAE

*Lavatera arborea* L., 5570, 6071.

*Lavatera cretica* L., 5570, 5771, 5869, 5969, 6071.

*Malva parviflora* L., 5569, 5570, 5771, 5968, 5969.

\**Malva sylvestris* L., n.v., 5569 (Ribas, 2005), 5570 (Gastalver, 2005)

#### MELIACEAE

*Melia azederach* L., 5771.

#### MORACEAE

*Ficus carica* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5769, 5868, 5869, 5870, 5969.

#### MYOPORACEAE

*Myoporum laetum* G. Forst., 5770, 5869, 5870, 5970, 5971, 6071.

#### MYRTACEAE

*Eucalyptus* sp., 5870.

\**Myrtus communis* L., n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001).

#### NYCTAGINACEAE

*Mirabilis jalapa* L., 5869.

#### OLEACEAE

*Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Phillyrea angustifolia* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Phillyrea latifolia* L. (= *Ph. media* L.), 5569, 5570, 5768, 5868, 5869, 5969, 5971, 6071.

#### ONAGRACEAE

*Epilobium tetragonum* L. subsp. *tetragonum*, 5570.

#### OROBANCHACEAE

*Orobanche minor* Sm., 5869.

*Orobanche ramosa* L. subsp. *mutelli* (F.W. Schultz) Cout., 5569.

*Orobanche ramosa* L. subsp. *nana* (Reut.) Cout., 5869, 5967, 5968, 5969.

#### OXALIDACEAE

*Oxalis corniculata* L., 5570, 5671, 5771, 5970.

*Oxalis pes-caprae* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5670, 5671, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5970, 5971, 6071.

#### PAPAVERACEAE

*Fumaria bastardii* Boreau, 5570, 5771, 5971.

*Fumaria capreolata* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5671, 5771, 5868, 5869, 5870, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Fumaria densiflora* DC., 5771.

\**Fumaria officinalis* L. subsp. *wirtgenii* (Koch) Arcangeli, n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001)

*Fumaria parviflora* Lam., 5771.

*Glaucium flavum* Crantz, 5867, 5870, 5967, 5970.

*Papaver hybridum* L., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5771.

*Papaver pinnatifidum* Moris, 5570, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Papaver rhoeas* L., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5771, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

\**Papaver somniferum* L. subsp. *setigerum* (DC.) Arcangeli, n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001).

\**Roemeria hybrida* (L.) DC., n.v., 5769 (Cano & Borràs, 2001).

#### PITTOSPORACEAE

*Pittosporum tobira* (Thunb.) W.T. Aiton, 5971.

#### PLANTAGINACEAE

*Plantago afra* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5669, 5671, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5771, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869, 5969.

*Plantago albicans* L., 5570, 5671, 5771, 5869, 5871, 5971, 6071.

*Plantago bellardii* All. subsp. *bellardii*, 5569, 5570, 5671, 5768, 5769, 5868, 5869, 5969.

*Plantago coronopus* L., 5568, 5569, 5771, 5868, 5869, 5871, 5967, 5968, 5969, 5971, 6071.

*Plantago lagopus* L., 5570, 5669, 5671, 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5771, 5868, 5869, 5968, 5969, 5971.

*Plantago lanceolata* L., 5570, 5871, 5971.

*Plantago major* L. subsp. *major*, 5971.

#### PLUMBAGINACEAE

*Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss., 5570.

*Limonium companyonis* (Gren. & Billot)

Kuntze, 5869, 5970, 5971.

*Limonium echioides* (L.) Mill., 5569, 5867, 5869, 6071.

*Limonium minutum* (L.) Chaz., 5568, 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5867, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969, 5970, 6071.

*Limonium virgatum* (Willd.) Fourr., 5568, 5569, 5868, 5869, 5969, 5970, 6071.

#### POLYGALACEAE

*Polygala monspeliaca* L., 5569, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869, 5969.

*Polygala rupestris* Pourr., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

#### POLYGONACEAE

*Emex spinosa* (L.) Campd., 5569, 5771, 5868, 5869, 5970.

*Polygonum arenastrum* Boreau, 5870.

*Polygonum aviculare* L., 5671, 5771.

*Rumex crispus* L., 5771, 5871.

*Rumex pulcher* L. subsp. *woodsii* (De Not.) Arcangeli, 5570.

#### PORTULACACEAE

*Portulaca oleracea* L., 5569, 5570, 5771, 5870, 5871, 5970, 5971, 6071.

#### PRIMULACEAE

*Anagallis arvensis* L. subsp. *arvensis*, 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Asterolinon linum-stellatum* (L.) Duby, 5569, 5570, 5769, 5770, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869, 5969.

*Cyclamen balearicum* Willk., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5670, 5770, 5868, 5869.

*Samolus valerandi* L., 5669.

#### RANUNCULACEAE

\**Adonis annua* L., n.v., 5769 (Cano & Borràs, 2001).

*Clematis cirrhosa* L., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5670, 5671, 5770, 5771, 5868, 5869, 5970, 5971.

\**Clematis flammula* L., n.v., 5869, (Cano & Borràs, 2001).

RESEDACEAE

*Reseda alba* L., 5569 (n.v., Gastalver, 2005), 5570, 5671, 5771, 5869, 5970, 5971, 6071.

*Reseda lutea* L., 5771.

*Reseda luteola* L., 5971.

ROSACEAE

*Potentilla reptans* L., 5669.

*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb, 5971.

*Rubus ulmifolius* Schott, 5570, 5671, 5868, 5870.

*Sanguisorba verrucosa* (Link ex G. Don.) Ces, 5770, 5871, 5968, 5970, 5971.

RUBIACEAE

*Crucianella angustifolia* L., 5868.

*Galium aparine* L. subsp. *aparine*, 5570, 5671, 5771, 5868.

*Galium murale* (L.) All., 5569, 5671, 5768, 5868, 5869, 5969.

*Galium parisiense* L. subsp. *parisiense*, 5768, 5869.

*Galium verrucosum* Huds., 5570, 5671, 5771.

*Rubia peregrina* L. subsp. *longifolia* (Poir.) O. Bolòs, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Rubia peregrina* L. subsp. *peregrina*, 5669, 5967, 5968.

*Sherardia arvensis* L., 5971.

*Valantia hispida* L., 5569, 5570, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5769, 5868, 5869, 5969.

*Valantia muralis* L., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5770, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969, 5971, 6071.

RUTACEAE

*Ruta chalepensis* L., 5569, 5570, 5669, 5670, 5769, 5770, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5971, 6071.

SCROPHULARIACEAE

*Bellardia trixago* (L.) All., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5669, 5671, 5768,

5769, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971.

*Cymbalaria muralis* P. Gaertn., B. Meyer & Schreb., 5570.

*Linaria triphylla* (L.) Mill., 5771.

*Misopates orontium* (L.) Raf., 5569, 5570, 5669, 5671, 5769, 5771, 5868, 5869, 5870, 5969, 5970.

*Parentucellia latifolia* (L.) Caruel, 5671.

*Verbascum sinuatum* L., 5570, 5670, 5671, 5770, 5771, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5871, 5971.

*Veronica arvensis* L., 5569, 5671.

*Veronica polita* Fr., 5570, 6071.

SOLANACEAE

*Hyosциamus albus* L., 5569, 5669, 5868 (Cano & Borràs, 2001), 5869.

*Nicotiana glauca* R.C. Graham, 5570, 5771, 5870, 5970.

*Solanum nigrum* L., 5569, 5570, 5869, 5870, 5871, 5971.

*Solanum villosum* Mill., 5870, 5970, 5971, 6071.

TAMARICACEAE

\**Tamarix canariensis* L., n.v., indicada de Refeubeyt (Bonafè, 1977-80)

THELIGONACEAE

*Theligonum cynocrambe* L., 5570, 5671, 5771, 5868, 5969.

UMBELLIFERAE

*Bunium balearicum* (Sennen) Mateo & López Udías, 5771.

*Bupleurum baldense* Turra, 5968, 5969.

*Bupleurum semicompositum* L., 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5969.

*Crithmum maritimum* L., 5569, 5570, 5768, 5769, 5867, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Daucus carota* L. subsp. *majoricus* A. Pujadas, 5570, 5669, 5768, 5868, 5869, 5968, 5969, 5971, 6071.

*Daucus carota* L. subsp. *maximus* (Desf.) Ball., 5570, 5670, 5671, 5769,



5771, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869, 5870, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Eryngium campestre* L., 5570, 5670, 5671, 5771, 5871, 5971.

*Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *piperitum* (Ucria) Bég., 5570, 5671, 5771, 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5871, 5970, 5971, 6071.

*Scandix pecten-veneris* L., 5570, 5771.

*Smyrniolum olusatrum* L., 5869, 5871.

*Torilis nodosa* (L.) Gaertn., 5569, 5669, 5671, 5771, 5868, 5869.

#### URTICACEAE

*Parietaria judaica* L., 5569, 5570, 5669, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5868, 5869, 5870, 5958, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Parietaria lusitanica* L. subsp. *lusitanica*, 5868, 5967, 5969.

*Urtica membranacea* Poir., 5569, 5570, 5671, 5771, 5869, 5871, 5971, 6071.

*Urtica urens* L., 5570.

#### VALERIANACEAE

*Centranthus calcitrapae* (L.) Dufur., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5868, 5869, 5969.

*Valerianella discoidea* (L.) Loisel., 5671.

*Valerianella eriocarpa* Desv. var. *muricata* (Steven ex M. Bieb.) Krok, 5570.

*Valerianella microcarpa* Loisel., 5671.

#### VERBENACEAE

*Lantana camara* L., 5570, 5869, 5870, 5970, 6071.

#### VIOLACEAE

*Viola arborescens* L., 5570, 5669, 5768.

#### ZYGOPHYLLACEAE

*Fagonia cretica* L., 5569, 5669, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5769, 5868, 5869, 5870, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Tribulus terrestris* L., 5569, 5570, 5671, 5771, 5970.

#### Monocotyledones

#### AGAVACEAE

*Agave americana* L., 5569, 5570, 5669, 5771, 5867, 5869, 5967, 5970, 5971.

*Yucca* cf. *gloriosa* L., 5570, 5771, 5869.

#### ALLIACEAE

\**Allium ampeloprasum* L., n.v., 5868 (Cano & Borràs, 2001), 5869 (Cano & Borràs, 2001).

*Allium chamaemoly* L., 5569, 5669, 5768, 5769, 5770, 5868, 5869, 5969, 5971.

*Allium commutatum* Guss., 5968.

*Allium roseum* L., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5671, 5869.

*Allium subvillosum* Salzm. ex Schult. & Schult. fil., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5671, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

#### ALOEACEAE

\**Aloe arborescens* Mill., n.v., 5569 (Ribas, 2005).

*Aloe maculata* All., 5570, 5868, 5869, 5970.

*Aloe* cf. *thraskii* Baker, 6071.

*Aloe vera* (L.) Burm. fil., 5867, 5868.

#### AMARYLLIDACEAE

*Narcissus obsoletus* (Haw.) Steud., 5669, 5769.

#### ARACEAE

*Arisarum vulgare* Targ.-Tozz. subsp. *vulgare*, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Arum italicum* Mill. subsp. *italicum*, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5868, 5971.

*Arum pictum* L. fil. subsp. *sagittifolium* Rosselló & L. Sáez, 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969, 5971.

*Helicodiceros muscivorus* (L. fil.) Engl., 5669, 5768, 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

#### CYPERACEAE

*Cyperus rotundus* L., 5671, 5771.

#### GRAMINEAE

*Aegilops geniculata* Roth, 5570, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Aegilops neglecta* Req. ex Bartol., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5769, 5771, 5869.

*Aegilops ventricosa* Tausch, 5570, 5869, 5969.

*Aira cupaniana* Guss., 5769, 5869.

*Ampelodesmos mauritanica* (Poir.) T. Durand & Schinz, 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5867, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5970.

*Arundo donax* L., 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Avellinia michelii* (Savi) Parl., 5769, 5869, 5969.

*Avena barbata* Pott. ex Link subsp. *barbata*, 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5870, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Avena sativa* L., 5570.

*Avena sterilis* L., 5570, 5671, 5771.

*Avenula bromoides* (Gouan) H. Scholz, 5569, 5570, 5669, 5768, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5971, 6071.

*Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv., 5569, 5570, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969.

*Brachypodium retusum* (Pers.) P. Beauv., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Briza maxima* L., 5570, 5869, 5969.

*Bromus diandrus* Roth, 5868, 5869, 5968.

*Bromus fasciculatus* C. Presl, 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5968.

*Bromus hordeaceus* L., 5570, 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Bromus madritensis* L., 5671, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Bromus rubens* L., 5671, 5769, 5868, 5869, 5968, 5969.

*Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. fil.) Asch. & Graebn., 5570, 5671, 5869, 5970, 5971.

*Cynodon dactylon* (L.) Pers., 5570, 5671, 5771, 5869, 5871, 5971, 6071.

*Dactylis glomerata* L. subsp. *glomerata*, 5868.

*Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Desmazeria marina* (L.) Druce, 5569, 5669, 5968, 5970.

*Desmazeria rigida* (L.) Tutin subsp. *rigida*, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5771, 5868, 5869, 5871, 5967, 5970.

*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., 5671, 5970, 6071.

*Echinochloa colonum* (L.) Link., 5970, 5971.

*Eleusine tristachya* (Lam.) Lam., 5771.

*Gastridium ventricosum* (Gouan) Schinz & Thell., 5569, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869.

*Hordeum murinum* L. subsp. *leporinum* (Link.) Arcang., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768 (Cano & Borràs, 2001), 5769, 5771, 5868, 5869, 5969.

*Hyparrhenia podotricha* (Hostch ex Stend.) Anderson, 5769 (Cano & Borràs, 2001), 5771, 5871, 5971.

*Hyparrhenia pubescens* (Vis.) Chiov., 5770, 5771, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Lagurus ovatus* L., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768 (Cano & Borràs, 2001), 5769 (Cano & Borràs, 2001), 5770, 5771, 5868, 5869, 5871, 5969, 5970.

*Lamarckia aurea* (L.) Moench, 5569, 5570, 5868, 5869, 5969.

*Lolium perenne* L., 5771.

*Lolium rigidum* Gaudin., 5671, 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Parapholis incurva* (L.) C. E. Hubb., 5568, 5569, 5769, 5868, 5869, 5968, 5969.

*Paspalum paspalodes* (Michx.) Schribner, 5771.

*Phalaris brachystachys* Link., 5570, 5671, 5771.

\**Phalaris minor* Retz., n.v., 5570 (Gastalver, 2005).

*Piptatherum coerulescens* (Desf.) Beauv., 5569, 5570, 5669, 5768, 5769, 5868, 5869, 5969, 5970, 6071.

*Piptatherum miliaceum* (L.) Coss., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Poa annua* L., 5569, 5570, 5670, 5671, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Poa bulbosa* L., 5671.

*Polypogon maritimus* Willd. subsp. *maritimus*, 5569.

*Psilurus incurvus* (Gouan) Schinz & Thell., 5769, 5869.

*Rostraria cristata* (L.) Tzvelev, 5569, 5570, 5671, 5768, 5771, 5868, 5869, 5969, 6071.

*Setaria verticillata* (L.) P. Beauv., 5570, 5671, 5871, 5970, 5971, 6071.

*Sporobolus pungens* (Schreb.) Kunth, 5869.

*Stenotaphrum secundatum* (Walter) O. Kuntze, 5570.

*Stipa capensis* Thunb., 5569, 5570, 5671, 5768, 5769, 5868, 5869, 5967, 5968, 5969, 5971.

*Stipa offneri* Breistr., 5569, 5669, 5769, 5868, 5971.

*Vulpia ciliata* Dumort., 5769, 5868, 5869, 5969.

*Vulpia fasciculata* (Forssk.) Samp., 5671.

*Vulpia muralis* (Kunth) Nees, 5569.

#### IRIDACEAE

*Chasmanthe aethiopica* (L.) N. E. Br., 5570.

*Crocus cambessedesii* Gay, 5569, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870.

*Freesia refracta* (Jacq.) Klatt, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5868, 5869.

*Gladiolus illyricus* Koch, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Iris germanica* L., 5868.

*Romulea columnae* Sebast. & Mauri subsp. *assumptionis* (Garcías Font) O. Bolòs, J. Vigo, R. Masalles & J. Ninot., 5569, 5570, 5669.

#### JUNCACEAE

*Juncus acutus* L., 5867, 5868, 5869, 5967, 5968, 5970.

#### LILIACEAE

*Asparagus acutifolius* L., 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5671, 5768 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971.

*Asparagus albus* L., 5569, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5771, 5868, 5869, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Asparagus horridus* Forsk., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5871, 5967, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Asphodelus fistulosus* L., 5569, 5570, 5669, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Asphodelus ramosus* L. subsp. *ramosus*, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5871, 5968, 5969, 5970, 5971, 6071.

*Merendera filifolia* Camb., 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5768, 5769, 5770, 5771, 5868, 5869, 5870, 5970.

*Muscari comosum* (L.) Mill., 5570, 5770, 5771, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5869.

*Ornithogalum arabicum* L., 5570.

\**Ornithogalum narbonense* L., n.v., 5570 (Gastalver, 2005).

*Ruscus aculeatus* L., 5868, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Scilla autumnalis* L., 5769.

*Urginea maritima* (L.) Baker, 5569, 5570, 5669, 5670, 5768, 5769, 5770, 5771, 5867, 5868, 5869, 5870, 5969, 5971.

#### ORCHIDACEAE

\**Aceras antropophorum* (L.) Aiton fil., n.v., 5869 (Cano & Borràs, 2001).

*Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., 5569, 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5670, 5671, 5768, 5769, 5868, 5869, 5968.

*Barlia robertiana* (Loisel.) Greuter, 5569 (n.v., Ribas, 2005), 5570, 5669, 5671, 5769, 5770, 5771, 5869 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5971.

*Neotinea maculata* (Desf.) Stearn, 5570.

*Ophrys bertolonii* Moretti subsp. *balearica* (P. Delforge) L. Sáez & Rosselló, 5570, 5670, 5770, 5869.

*Ophrys bombyliflora* Link, 5569, 5570, 5669, 5671, 5770, 5869.

*Ophrys fusca* Link subsp. *bilunulata* (Riso) Aldasoro & L. Sáez, 5570.

\**Ophrys fusca* Link subsp. *dyris* (Maire) Soó, n.v., 5569 (Ribas, 2005), 5570 (Gastalver, 2005).

*Ophrys fusca* Link subsp. *fusca*, 5569, 5570, 5669, 5670, 5671, 5769, 5770, 5868, 5869, 5969, 5970, 5971.

*Ophrys speculum* Link subsp. *speculum*, 5569, 5669, 5671, 5768, 5769 (n.v., Cano & Borràs, 2001), 5770, 5868, 5869.

\**Ophrys sphegodes* Mill., n.v., 5570 (Gastalver, 2005).

*Ophrys tenthredinifera* Willd., 5569, 5570, 5669, 5770, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Orchis conica* Willd., 5570 (n.v., Gastalver, 2005), 5670, 5770, 5868 (n.v., Cano & Borràs, 2001).

*Orchis coriophora* L., 5569, 5669, 5769, 5869.

*Serapias parviflora* Parl., 5669, 5769, 5868, 5869.

*Spiranthes spiralis* (L.) Chevall., 5569, 5669, 5769.

#### PALMAE

*Phoenix dactylifera* L., 5570, 5869.

#### POSIDONIACEAE

*Posidonia oceanica* (L.) Delile, 5768, 5868, 5869, 5969.

#### SMILACACEAE

*Smilax aspera* L. var. *aspera*, 5569, 5570, 5670, 5768, 5770, 5771, 5868, 5871, 5967, 5968, 5969, 5971.

### Anàlisi biogeogràfica

La flora de l'ANEI de Cala Figuera està formada per 460 tàxons, dels quals 456 han estat completament identificats. Queden quatre tàxons dels gèneres *Aloe*, *Kalanchoe*, *Opuntia* i *Yucca*, que no s'han determinat amb total seguretat per falta de claus de determinació prou fiables. D'aquests 456 tàxons, 375 s'han determinat a nivell d'espècie, 73 a nivell de subespècie i 8 a nivell de varietat.

Les angiospermes dicotiledònies representen el grup més nombrós (75.6%). Les monocotiledònies (22.4%), les criptógames vasculars (1.3%) i les gimnospermes (0.7%) presenten un nombre més reduït de tàxons. En total s'han observat tàxons pertanyents a 83 famílies i 293 gèneres. Aquesta flora representa aproximadament el 25% dels tàxons presents a les illes i una mica més del 30% dels de Mallorca (Gil i Llorens, dades inèdites). D'entre aquests tàxons mereix especial relevància *Eleusine tristachya*. La citació d'aquest tàxon representa la primera per la flora de les illes, almenys com a espècie naturalitzada. És una espècie d'origen tropical, probablement arribada amb alguna de les gespes que s'usen a la zona i que s'estén per vores de vials, de moment, fora del perímetre de l'ANEI.

Hem trobat tres treballs florístics inèdits fets a la zona per alumnes de la Universitat

FAMÍLIA	TOTAL	%
<i>Compositae</i>	55	12,0
<i>Gramineae</i>	54	11,7
<i>Leguminosae</i>	37	8,0
<i>Cruciferae</i>	20	4,4
<i>Caryophyllaceae</i>	16	3,5
<i>Euphorbiaceae</i>	14	3,0
<i>Orchidaceae</i>	13	2,8
<i>Chenopodiaceae</i>	12	2,6
<i>Labiatae</i>	12	2,6
<i>Liliaceae</i>	11	2,4
<i>Umbelliferae</i>	11	2,4

Taula 2. Famílies amb major nombre de tàxons.

Table 2. Families with the highest number of taxa.

de les Illes Balears (Cano i Borràs, 2001; Gastalver, 2005; Ribas, 2005). La majoria dels tàxons citats s'han retrobat, però hi ha 24 tàxons no citats en el present treball. Això podria deixar el catàleg de la flora de la zona en 484 tàxons.

A la taula 2 es quantifica la distribució de tàxons per família. Les *Compositae*, *Gramineae* i *Leguminosae* són, per aquest ordre, les famílies més ben representades amb un 32% del total de la flora observada. Les tres famílies són les més abundants a la Mediterrània, de fet, fins i tot, l'ordre entre elles es mantén o s'inverteix entre les *Gramineae* i les *Leguminosae* (Meikle, 1977-85; Shmida, 1984; Mossa i Bacchetta, 1998; Giménez i Gómez, 2002; Gil, 2004; Gil i Llorens, 2004; Rita i Payeras, 2006). En altres illes com Menorca, l'ordre s'inverteix completament (Fraga *et al.*, 2004).

La resta de famílies es troben en percentatges semblants als de la flora balear. A Cala Figuera cal destacar el major pes de les *Euphorbiaceae* i les *Chenopodiaceae* i la menor quantitat relativa de *Plumbaginaceae* i les *Scrophulariaceae* (Gil i Llorens, dades inèdites). Cal destacar especialment l'increment de les *Chenopodiaceae*, fet que atribuïm a la

important presència d'aus marines a la zona, això fa que augmenti la presència d'espècies tolerants a la salinitat i a l'abundància de matèria orgànica, característiques molt comunes entre els tàxons d'aquesta família.

La Fig. 3 mostra els resultats de l'agrupació de l'espectre biogeogràfic de cada taxon. Les espècies pròpies de l'element mediterrani representen el 70% de la flora. Aquest percentatge és lleugerament superior al d'altres estudis fets sobre territoris més extensos com Menorca (Fraga *et al.*, 2004) o Algaida (Gil, 2004), si bé en altres casos, com passa a Formentera (Gil i Llorens, 2004) el percentatge de tàxons mediterranis és força més elevat. Per contra, si comparam el pes de l'element mediterrani amb altres estudis de zones naturals amb extensions més semblants a les de l'ANEI de Cala Figuera, veurem que el percentatge observat a Cala Figuera és una mica més baix, així la finca pública de Son Real (Cardona, 2011), la de Son Moragues (Gil i Cardona, 2012) i la de Gabellí Petit (Cardona i Gil, dades inèdites) presenten percentatges entre el 73 i el 79%.

Aquest fet es deu a l'important pes de les espècies d'origen tropical i les d'altres

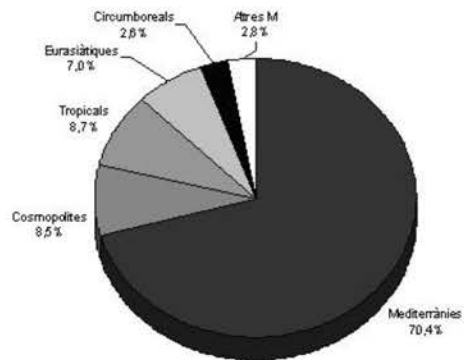
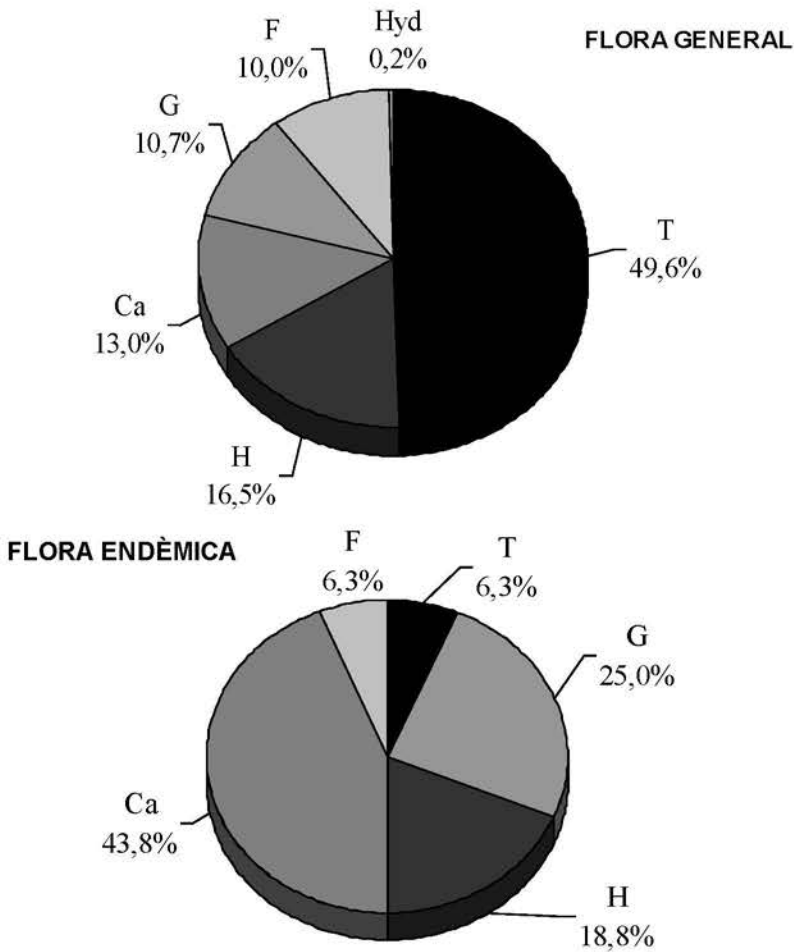


Fig. 3. Espectre biogeogràfic general.  
Fig. 3. General biogeographic spectrum.

regions de clima mediterrani presents a la zona. La majoria d'aquestes espècies han estat introduïdes per un ús ornamental i han esdevingut espècies invasores. El seu pes representa més del 10% de la flora observada i, a més, en alguns casos es troben força esteses i són difícilment erradicables o controlables ja que les aus

marines n'afavoreixen la distribució i, a més, sovint ocupen ambients de difícil accés. Entre aquestes espècies destaquen especialment tàxons de les famílies: *Aizoaceae*, *Cactaceae* i *Crassulaceae*.

S'observa clarament un fort increment del pes relatiu d'espècies potencialment invasores a tota la Badia de Palma i espe-



**Fig. 4.** Espectre biològic (T: teròfits; H: hemicriptòfits; G: geòfits; Ca: camèfits; F: faneròfits; Hyd: hidròfits).

**Fig. 4.** Biological spectrum (T: therophytes; H: hemicryptophytes; G: geophytes; Ca: chamaephytes; F: phanerophytes; Hyd: hydrophytes).

cialment a les zones costaneres i prop de les zones urbanitzades (Gil i Seguí, dades inèdites). L'element endèmic representa el 3,5% de la flora observada. Aquest nombre és força baix si el comparem amb el més del 10% d'endemismes de la flora balear. Això es deu a les característiques de la zona ja que la seva escassa altitud i l'absència d'alguns hàbitats com els culminals de muntanya o els penya-segats orientats al nord, rics en espècies endèmiques, afavoreixen aquesta escassetat d'endemismes. Tot i això, en destaca la presència d'alguns que tenen una distribució gimnèsica i que a Mallorca ocupen preferentment la zona nord de l'illa com *Senecio rodriguezii*, *Astragalus balearicus* i *Santolina chamaecyparissus* subsp. *magonica*. El 50% dels endemismes observats presenten distribució gimnèsica.

La Fig. 4 mostra l'espectre biològic de la flora de l'ANEI. Els teròfits representen el 50% dels tàxons. Aquests resultats són molt semblants als obtinguts per altres territoris de baixa altitud i de climes secs o

xèrics (Braun-Blanquet, 1979; Shmida, 1984; Gil i Llorens, 2004; Cardona, 2011). Per contra, difereixen significativament dels obtinguts a territoris de climes més frescos i humits (Bocchieri, 1995; Mossa i Bacchetta, 1998; Gil i Cardona, 2012), on el percentatge de teròfits disminueix de forma molt significativa, s'incrementa bastant el nombre d'hemicriptòfits i augmenta més lleugerament la resta de formes vitals. Això concorda amb l'afirmació de Voliotis (1982), que els hemicriptòfits augmenten a mesura que baixa la temperatura i s'incrementen les precipitacions, mentre que els teròfits es comporten a la inversa.

La mateixa anàlisi feta per a la flora endèmica mostra importants diferències, essent els camèfits la forma vital més representada (43.8%) i els teròfits (6.3%), la menor. Aquesta anàlisi mostra diferències destacables respecte d'altres catàlegs de les Balears. Això es reflecteix principalment pel que fa al nombre de geòfits, ja que és la segona forma vital més

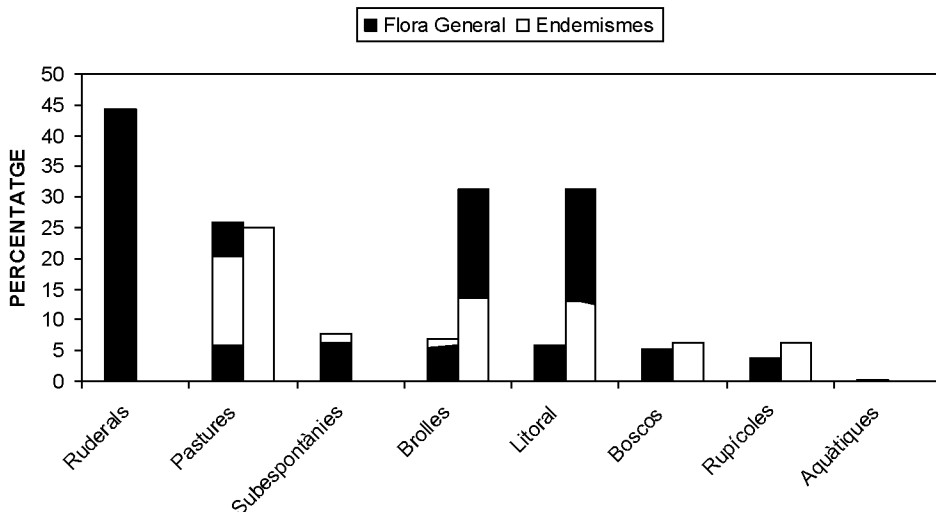


Fig. 5. Espectre ecològic de la flora de l'ANEI de Cala Figuera.  
Fig. 5. Ecological spectrum of Cala Figuera's ANEI flora.

representada a Cala Figuera (25%), mentre que habitualment sol estar entre el 8 i el 18% i solen ser la tercera o quarta forma vital més representada (Fraga *et al.*, 2004; Gil, 2004; Gil i Llorens, 2004; Rita i Payeras, 2006; Cardona, 2011; Gil i Cardona, 2012; Cardona i Gil, en premsa).

De les 40 classes fitosociològiques presents a les Balears, 25 s'han observat a Cala Figuera. Les espècies pròpies de la classe *Stellarietea mediae* són les més representades (32.3%) i, juntament amb les de la classe *Helianthemetea*, representen el 48,5% dels tàxons observats. Si es reuneixen les classes fitosociològiques per hàbitats (Fig. 5) s'observa que les espècies ruderals, 44%, i les de pastures, 26%, són les més ben representades. El més destacable d'aquests resultats és el 8% d'espècies que tenen un comportament subespontani. Correspon a les espècies al·loctones més potencialment invasores. Si reduïm l'anàlisi ecològica a les espècies endèmiques, aquestes només es troben en 5 de les 25 classes fitosociològiques observades a Cala Figuera. Si es reuneixen per hàbitats ocupen majoritàriament els litorals, les brolles i les pastures. Respecte de les Balears, destaca l'escassetesa d'elements rupícoles pels motius ja exposats anteriorment.

## Agraïments

Volem agrair als comandaments de la Base General Asensio les facilitats donades per accedir a la zona militar. A Carles Cardona ha participat en el treball de camp.

## Bibliografia

- Alomar, G., Sáez, L., González J.M. i Font J. 1995. Notes florístiques de les Illes Balears (VI). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 38: 153-161.
- Bibiloni, G., Llop, J., Rita, J. i Soler, J. 1996. Notes florístiques de les Illes Balears (VI). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 39: 15-24.
- Bocchieri, E. 1995. La connaissance et l'état de conservation de la flore en Sardaigne. *Ecologie méditerranéenne*, 22 (1-2): 71-81.
- Bolòs, O. i Molinier, R. 1958. Recherches phytosociologiques dans l'île de Majorque. *Collect. Bot. (Barcelona)*. 34: 699-865.
- Bolòs, O., Vigo, J., Massalles, R.M. i Ninot, J.M. 1990. *Flora Manual dels Països Catalans*. Editorial Porrà. Barcelona.
- Braun-Blanquet, J. 1951. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde*. Springer-Verlag. Wien.
- Cano, P. i Borràs, D. 2001. *Flora de les quadrícules DD5768, 5769, 5868, 5869*. Treball ciclostilat inèdit.
- Cardona, C. 2011. *Flora i vegetació de la finca pública de Son Real (T.M. de Santa Margalida)*. Memoria d'investigació. Universitat de les Illes Balears.
- Cardona, C. i Gil, L. 2015. Diversitat florística de la finca pública de Gabelli Perit i del Monument Natural de les Fonts Ufanes al Paratge Natural de la Serra de Tramuntana. In: Mir, M. (Ed.). *Les Fonts Ufanes i el Pla del Tel*: 103-127. Ajuntament de Campanet, Campanet.
- Carretero, J.L. 2004. *Flora arvensis española*. Editorial Phytoma. Valencia.
- Castroviejo, S. et al. (eds.) 1986-2014, incompleta. *Flora iberica*. Real Jardín Botánico de Madrid-CSIC. Madrid.
- Delanoë, O., Montmollin, B. i Louis, O. 1996. *Conservation of the Mediterranean island plants: 1. Strategy for action*. IUCN/SSC Action Plans for Conservation of Biological Diversity.
- Fraga, P., Mascaró, C., Carreras, D., García, O., Pallicer, X., Pons, M., Seoane, M. i Truyol, M. 2004. *Catàleg de la flora vascular de Menorca*. Col·lecció Recerca, n° 9. Institut Menorquí d'Estudis. Maó.
- Gastalver, S. 2005. *Flora de la quadrícula DD5570*. Treball ciclostilat inèdit.
- Gil, L. 2004. *La flora del terme municipal d'Algaida: distribució en quadrícules de 5x5*



- Km. Ajuntament d'Algaida. Algaida.
- Gil, L. i Cardona, C. 2012. Diversidad florística de la finca pública de Son Moragues en el Paraje Natural de la Serra de Tramuntana (Mallorca). *Biota Balear*, 2: 15-34.
- Gil, L. i Llorens, L. 1999. *Claus de determinació de la flora balear*. El Gall editor. Palma de Mallorca.
- Gil, L. i Llorens, L. 2004. Análisis biogeográfico de la flora de Formentera (Islas Baleares, España). *Lazaroa*, 25: 169-178.
- Giménez, E. i Gómez, F. 2002. Análisis de la flora vascular de la Sierra de Gádor (Almería, España). *Lazaroa*, 23: 35-43.
- Guijarro, J.A. 1986. *Contribución a la bioclimatología de las Baleares*. Tesis doctoral inédita. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Meikle, R.D. 1977-85. *Flora of Cyprus*. Bentham-Moxon Trust. Royal Botanic Garden of Kew. London.
- Mossa, L. i Bacchetta, G. 1998. The flora of the catchment basin of Rio Santa Lucia (Sulcis, SW Sardinia). *Flora Mediterranea*, 8: 135-196.
- Pignatti, S. 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole. Bologna.
- Raunkjaer, O. 1934. *The life forms of the plants and statistical plant geography*. Clarendon Press. Oxford.
- Ribas, E. 2005. *Flora de la quadrícula DD5569*. Treball ciclostilat inédit.
- Rita, J. i Payeras, T. 2006. Biodiversidad de las plantas vasculares de las Islas Baleares. *Orsis*, 21: 41-58.
- Rivas-Martínez, S. 1995. Clasificación Bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis*, 16: 1-32.
- Rivas-Martínez, S. 1996. *Geobotánica y bioclimatología*. Discurso de investidura Dr. "Honoris Causa". Univ. Granada. Granada.
- Rivas-Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M. i Penas, A. 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, 14: 5-341.
- Sáez, L., Gil, L., Cardona, C., Alomar, G., González, J.M. i Bibiloni, G. 2011. Noves contribucions al coneixement de la flora de les Illes Balears. *Orsis* 25: 29-53.
- Shmida, A. 1984. Endemism in the flora of Israel. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 104: 537-556.
- Underwood, E. C., Viers, J. H., Klausmeyer, K. R., Cox, R. L. i Shaw, M. R. 2009, Threats and biodiversity in the mediterranean biome. *Diversity and Distributions*, 15:188-197.
- Vogiatzakis, I., Mannion, A.M. i Griffiths, G.H. 2006. Mediterranean Ecosystems: problems and tools for conservation. *Progress in Physical Geography*, 30: 175-200.



# ***Cymatium (Monoplex) trigonum* (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, nuevo registro de fauna 'senegalesa' en el OIS 5e de la isla de Mallorca (Islas Baleares, España)**

Josep JUÁREZ

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Juárez, J. 2014. *Cymatium (Monoplex) trigonum* (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, nuevo registro de fauna 'senegalesa' en el OIS 5e de la isla de Mallorca (Islas Baleares, España). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 129-136. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Se documenta por vez primera la presencia de *Cymatium (Monoplex) trigonum* en el registro fósil del Pleistoceno superior de Baleares, considerado taxón dentro de la fauna de moluscos termófilos llamada 'senegalesa'. El hallazgo procede del clásico yacimiento de Camp de Tir, en Cala Pudent (Coll de'n Rabassa, Palma), formado por un depósito costero de playa situado en los inicios del subestadio isotópico 5e. Se considera su importancia entre los otros taxones 'senegaleses' debido a su significancia paleoclimática.

**Palabras clave:** Pleistoceno, *Cymatium*, OIS 5e, Fauna 'senegalesa'.

*Cymatium (Monoplex) trigonum* (GMELIN, 1791), GASTROPODA TONNOIDEA, NOU REGISTRE DE FAUNA 'SENEGALESA' EN EL OIS 5E DE L'ILLA DE MALLORCA (ILLES BALEARS, ESPANYA). Es documenta per primera vegada la presència de *Cymatium (Monoplex) trigonum* al registre fósil del Pleistocè superior de les Balears, considerat tàxon dins la fauna de mol·luscs termòfils anomenada 'senegalesa'. La troballa prové del clàssic jaciment de Camp de Tir, a Cala Pudent (Coll de'n Rabassa, Palma), format per un depòsit costaner de platja situat als inicios del subestadi isotòpic 5e. Es considera la seva importància entre els altres tàxons 'senegalesos' degut a la seva significància paleoclimàtica.

**Paraules clau:** Pleistocè, *Cymatium*, OIS 5e, Fauna 'senegalesa'.

*Cymatium (Monoplex) trigonum* (GMELIN, 1791), GASTROPODA TONNOIDEA, NEW RECORD FOR 'SENEGALESE' FAUNA IN THE OIS 5E OF THE MALLORCA ISLAND (BALEARIC ISLANDS, SPAIN). Documented for the first time the presence of *Cymatium (Monoplex) trigonum* in the fossil record of the Upper Pleistocene from Balearic Islands, considered into the termophile mollusc fauna called 'senegalese'. The finding comes from the classic locality of Camp de Tir, in Cala Pudent (Coll d'en Rabassa, Palma), consisting of a coastal beach deposit located in the early isotopic substage 5e. The importance among other 'Senegalese' taxa is considered due to this paleoclimatic significance.

**Key words:** Pleistocene, *Cymatium*, OIS 5e, 'Senegalese' fauna.

Josep JUÁREZ, Societat d'Història Natural de les Balears. C/Margalida Xirgu, 16 baixos.

Recepció del manuscrit: 13-mar-14; revisió acceptada: 6-nov-14.

## Introducción

El Pleistoceno marino en la isla de Mallorca, concretamente en la Bahía de Palma, es conocido desde el siglo XIX y principios del XX, siendo estudiado por primera vez por La Marmora (1834), Haime (1855), Hermite (1879) y Gignoux (1913) (in Cuerda, 1975).

No obstante, hasta mediados del siglo XX no se empieza a estudiar en profundidad. El gran avance al respecto lo hacen Cuerda y Muntaner (1952) al publicar un detallado estudio sobre el Pleistoceno superior de la Bahía de Palma, en el que documentan hasta 110 especies en sus playas fósiles (Vicens *et al.*, 2012). Poco después estos dos autores, por separado (Cuerda, 1957; Muntaner, 1957), publican sendos estudios sobre las formaciones del Tirreniense (piso equivalente al OIS 5, en la nomenclatura clásica mediterránea), complementando las investigaciones anteriores. El auge del interés internacional en los yacimientos mallorquines hace que ese mismo año se celebre el *International Quaternary Congress (INQUA)* en la isla.

En esta primera época de avances se aplica en Mallorca el concepto de Gignoux 'fauna senegalesa', definitorio de las bioasociaciones de moluscos presentes en el último interglacial mediterráneo pero cuyos taxones se hallan en la actualidad solamente en las costas de Senegal y Cabo Verde, fundamentalmente (Cuerda, 1957).

En el inicio de la década siguiente se darán a conocer algunos trabajos más, esta vez centrados en establecer las sucesivas líneas de costa por encima de la actual observables en el litoral mallorquín (Butzer y Cuerda, 1962; Solé-Sabaris, 1962) así como en efectuar las primeras dataciones absolutas de la fauna marina pleistocena (Stearns y Thurber, 1965). En la década

siguiente se publican las primeras dos monografías sobre el cuaternario balear (Cuerda, 1975; Pomar y Cuerda, 1979). Cuerda (1987) da a conocer en un extenso trabajo taxonómico toda la malacofauna marina, salobre y de agua dulce de Baleares. Cuerda y Sacarés (1992) publican una pequeña síntesis sobre los yacimientos del Pleistoceno costero en la costa de Lluçmajor y a finales de esta década se dan a conocer nuevos trabajos centrados en edades absolutas de afloramientos del Pleistoceno costero (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996, Rose *et al.*, 1999).

Ya entrado el nuevo siglo decenas de trabajos al respecto que han venido a ampliar considerablemente el conocimiento sobre estas formaciones, sobre todo a nivel geomorfológico (Zazo *et al.*, 2002; Pons y Vicens, 2003) así como patrimonial (Morey, 2008). La última síntesis se publica ya recientemente (Vicens *et al.*, 2012).

## Descripción

Tonnoidea (Suter, 1913).

Ranellidae (Gray, 1954).

Cymatinae (Iredale, 1913).

*Cymatium* (Röding, 1798).

*C. (Monoplex) trigonum* (Gmelin, 1791)

Concha de tamaño mediano (entre los 15 y los 60 mm aprox.). Espira un poco elevada con la zona apical algo redondeada. La ornamentación consiste en cordones irregulares con gruesas varices. Canal sifonal largo, más que en el grueso de miembros de su familia. Peristoma grueso y dentado en su parte interior, con callosidad. La coloración es de blanquecina a marrón. Suele vivir en aguas someras, a unos 15 metros de profundidad (Nicklès, 1950).

Se diferencia de otros representantes con los que guarda parentesco como

*Cymatium (Monoplex) corrugatum* por una apreciable menor talla y una zona sifonal proporcionalmente mayor.

*Cymatium (Monoplex) trigonum* se encuentra actualmente en Guinea Bissau, Angola, Senegal, Costa de Marfil y Canarias (Ardovini y Cossignani, 2004), además de Sao Tomé y Cabo Verde (Meco, 2002).

A pesar de estar citada en Canarias (Ardovini y Cossignani, 2004), Meco (2002) la incluye por error entre los taxones senegaleses no presentes en el archipiélago. Ha sido citada fósil en el último interglacial de Santa Pola, (Cuerda y Saumell, 1978), Las Palmas (Meco, 2002; 2003; 2006), Ponte de Re (Caldara, 1987 in De Vitis *et al.*, 2003).

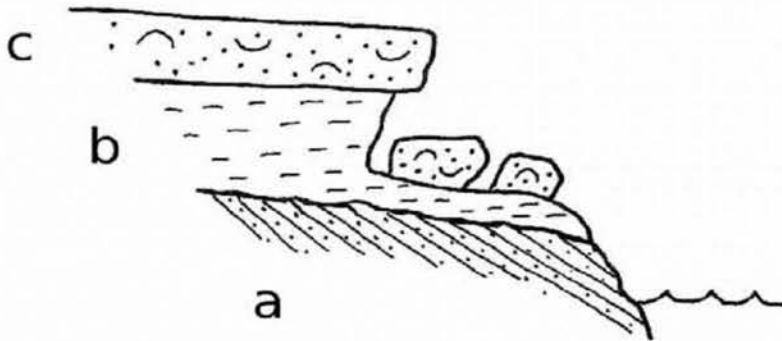
Se ha estudiado un ejemplar semi-completo (Fig. 3) procedente del yacimiento de Camp de Tir, en el margen Este de Cala Pudent (Figs. 1 y 2). El ejemplar fue hallado en la parte superior del nivel C

de Cuerda (1979), en contacto con el paleosuelo erosionado suprayacente (no presente en el corte de la Fig. 2), correspondiente al inicio del subestadio isotópico marino 5e, ya que está correlacionado con el nivel U1 y U2 indistintamente (Vicens *et al.*, 2012) del yacimiento próximo de Es Carnatge, datado en 135 KA (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996). Dicho ejemplar está rodado pero conserva suficientes caracteres diagnósticos como para efectuar una clasificación sólida. Parte de la última vuelta no está conservada debido al rodamiento durante la fase bioestratinómica y presenta la parte sifonal ausente. El resto de la espiral así como la parte superior del labro se han en relativo buen estado de conservación a pesar del rodamiento mencionado y la bioerosión, lo que permite clasificarlo como un ejemplar adulto, ya que el labro está completamente desarrollado.

En la preparación del ejemplar se eliminó



**Fig. 1.** Vista general del afloramiento de Camp de Tir (Coll de'n Rabassa, Palma).  
**Fig. 1.** General view of Camp de Tir outcrop (Coll de'n Rabassa, Palma).



**Fig. 2.** Corte estratigráfico del afloramiento, modificado de Cuerda (1979) (in Ginés *et al.*, 2012). A) Eolianitas del OIS 6, B) Paleosuelo de limos rojos con gasterópodos terrestres del OIS 6, C) Calcarenitas del OIS 5e1 con fauna ‘senegalesa’. A techo y no figurado en el corte se halla un paleosuelo erosionado que cementa la parte superior del nivel C.

**Fig. 2.** Stratigraphical section of the outcrop, modified after Cuerda (1979) (in Ginés *et al.*, 2012). A) OIS 6 eolianites, B) OIS 6 paleosol of red silts with terrestrial gastropods, C) OIS 5e1 calcarenites with ‘senegalese’ fauna. At top is an eroded paleosol no figured in the section.



**Fig. 3.** *Cymatium (Monoplex) trigonum*. OIS 5e1, Camp de Tir (nivel C), Coll de’n Rabassa, Palma. Medidas en el texto. Col. Juárez (reconocida como colección museográfica por el Consell de Mallorca).

**Fig. 3.** *Cymatium (Monoplex) trigonum*. OIS 5e1, Camp de Tir (C level), Coll de’n Rabassa, Palma. Measures in the text. Col. Juárez (recognized as a museographic collection by Consell de Mallorca).

el sedimento cementado que contenía el fósil con un micropercutor eléctrico y finalmente se trató primero durante breves segundos con ácido clorhídrico diluido y después con abundante agua, todo ello para favorecer una óptima observación de sus características diagnósticas.

El gasterópodo tiene una longitud parcial de 36 mm y una anchura máxima de 32 mm. Comparándolo con otro ejemplar de la misma especie y similares proporciones del yacimiento de Cerro Largo (Almería) (Fig. 4) y con otro actual encontrado en Angola (Fig. 5), se calcula



**Fig. 4.** *Cymatium (Monoplex) trigonum*. Seguramente OIS 7, Cerro Largo, Roquetas de Mar, Almería. 41mm x 24mm. Col. Juárez. Ejemplar falto de la parte inferior del sifón.

**Fig. 4.** *Cymatium (Monoplex) trigonum*. Probably OIS 7, Cerro Largo, Roquetas de Mar, Almería. 41mm x 24mm. Col. Juárez. Specimen without the lower part of the siphon.



**Fig. 5.** *Cymatium (Monoplex) trigonum*. Angola. 39 x 21 mm. Col. Manuel Collado.

**Fig. 5.** *Cymatium (Monoplex) trigonum*. Angola. 39 x 21 mm. Col. Manuel Collado.

para el mismo una longitud total próxima a los 6 cm, lo que es un tamaño muy grande para la especie, comparando medidas de la misma que presentan Ardivini y Cossignani (2004).

## Discusión

Si se dan por correctas las dataciones del desaparecido yacimiento de Cerro Largo (Goy *et al.*, 1986, in Torres *et al.*, 2006) se deduce que ya en el OIS 7 existían en el Mediterráneo poblaciones de *C. (M.) trigonum*, ya que en la colección del autor se conservan cuatro ejemplares completos de la especie (uno de ellos el reproducido en la Fig. 4), encontrados en asociación con la misma fauna de *Persististrombus latus*

descrita en dicho estudio, no habiéndose encontrado ninguna referencia a la especie en esta localidad. Por otra parte este hecho no es sorprendente ya que está confirmada la presencia de fauna 'senegalesa', en el levante peninsular durante esa época (Goy *et al.*, 1993; Zazo *et al.*, 2000; 2012). Igualmente su presencia en el OIS 5e está documentada en el Mediterráneo (De Vitis *et al.*, 2003).

No obstant, en Mallorca fue buscada por el mismo Cuerda pero no encontrada. Sus intentos de documentar la especie quedan patentes en hasta tres menciones explícitas a la ausencia de este gasterópodo en el registro fósil de la isla (Cuerda y Sanjaume 1978, Cuerda, 1981; 1987), dando constancia así mismo de su rareza en los yacimientos alicantinos (Cuerda y Sanjaume, 1978). Igualmente sí cita en varios yacimientos del último interglacial otros miembros de la misma familia como son *Cymatium (Monoplex) parthenopeum* así como otros de gran rareza para yacimientos pleistocenos representados por sendos ejemplares de *Cymatium (Monoplex) corrugatum* y *Cabestana cutacea*, ambos del yacimiento llamado 'Las Rocas', en la costa del municipio de Palma (Cuerda, 1987). Estos tres taxones se hallan actualmente, aunque con presencia escasa, en aguas de Baleares (Cuerda, 1975; 1987).

La extrema rareza de *Cymatium (Monoplex) trigonum* en el Pleistoceno mallorquín puede interpretarse como una presencia muy residual en la isla y posiblemente derivada de poblaciones del Levante peninsular, si se da por hecho que estos taxones se extendieron desde el Estrecho de Gibraltar, tal y como sucede con el lamelibranquio *Anadara (Anadara) geissei*, del cual en Mallorca solamente se encontró una valva, también en el yacimiento de Camp de Tir (Cuerda, 1981;

1987) pero que sin embargo no es raro hallarla en el Pleistoceno de Alicante (Cuerda, 1987). Desde esta cita no existen hallazgos de nuevas especies 'senegalesas' en Baleares.

Otra posible explicación sería que sí abundase relativamente pero su hábitat no favoreciese el transporte de las conchas a las playas pleistocenas, lo cual *a priori* no es tan plausible ya que a juzgar por las poblaciones actuales debió compartir la misma posición batimétrica que otras especies que sí han sido bien documentadas en el último interglacial, como su cercano pariente *Cymatium (Monoplex) parthenopeum*. Además su concha es en su mayor parte robusta, lo que descartaría su rareza debido a la fragilidad y consecuente destrucción tafonómica generalizada de los ejemplares antes de llegar a la playa.

Existe otra especie 'senegalesa' que a día de hoy, a pesar estar citada en el Levante peninsular no ha sido hallada en Baleares: *Acteocina knockeri*. De todas formas, con el pequeño tamaño de este gasterópodo, se puede presuponer la posibilidad de que sí llegase al archipiélago pero haya pasado desapercibida en las prospecciones de los yacimientos, hechas fundamentalmente para localizar macrofauna. Igualmente cabe la posibilidad de futuros hallazgos de *A. (A.) geissei*, esta vez por pasar desapercibida en las prospecciones debido a su similitud con ciertas variedades de *Arca noae*, especie extremadamente abundante en muchos yacimientos (Cuerda, 1987).

*C. (M.) trigonum* se añade, pues, a la lista de especies 'senegalesas' ya conocidas en las Baleares (Cuerda, 1987): *Anadara (Anadara) geissei*, *Brachiodontes senegalensis*, *Hyotissa hyotis*, *Cardita senegalensis*, *Persististrombus latus*, *Polimices lacteus*, *Natica turtoni*, *Cantharus vive-ratus* y *Conus ermineus*.



## Conclusión

Debido a la importancia paleoclimática que tiene este tipo de fauna a la hora de estudiar los depósitos costeros del último interglacial se considera relevante el hallazgo de *Cymatium (Monoplex) trigonum* en Mallorca, no habiendo sido citada ninguna otra nueva especie de estas características desde la publicación de Cuerda (1981), a pesar de los numerosos estudios de los yacimientos isleños y su fauna desde entonces.

Se sugiere, debido a ejemplares observados pertenecientes al desaparecido yacimiento de Cerro Largo (Almería), que ya en el OIS 7 este gasterópodo poblaba el Mediterráneo junto con *Persististrombus latus* y se interpreta su extrema rareza en el registro fósil de la isla como consecuencia del carácter residual de la población en esta zona, al igual que ocurre con el lamelibranchio *Anadara (Anadara) geissei*.

Por último, se desprende de la escasez de citas de *Cymatium (Monoplex) trigonum* en el registro fósil mediterráneo en comparación con las abundantes referencias de otras especies termófilas como el propio *P. latus* que este fue, en comparación, un gasterópodo de poblaciones probablemente inestables ecológicamente, y por lo tanto de las que menos proliferaron durante el Pleistoceno superior.

## Agradecimientos

El autor agradece a Manuel Collado su colaboración disponiendo de bibliografía malacológica así como de un ejemplar actual para su comparación.

## Bibliografía

- Ardonivi, R. y Cossignani, T. 2004. *West african seashells*. L'informatore piceno, Italy. 316 pp.
- Butzer, K. y Cuerda, J. 1962. Coastal stratigraphy of Southern Mallorca and its implications of the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journ. Geology*, 70 (4): 398-416.
- Cuerda, J. y Munaner, A. 1952. Nota sobre las playas cuaternarias con *Strombus* de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2 (jul-set): 1-8.
- 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*. 304 pp.
- Cuerda, J. 1981. Dos especies de interés paleontológico halladas en el Eutyrrheniense de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 25: 169-174
- Cuerda, J. 1987. Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear. *Caja de Baleares "Sa Nostra"*. 420 pp. Palma de Mallorca.
- Cuerda, J. y Sanjaume, E. 1978. Datos paleontológicos y sedimentológicos del litoral pleistoceno de Santa Pola. *Cuadernos de Geografía*, 23: 19-62.
- De Vitis, S., Mastronuzzi, G., Mauz, B., Sansó, P., Tuccimei, P. y Vesica, P. 2003. The Historical Taranto Tyrrhenian deposits (Last Interglacial Period, OIS 5). *Final Conference Project IGCP 437, Puglia (2003)*, 69-100.
- Hillaire-Marcel, Cl., Garipey, C., Ghaleb, B., Goy, J.L., Zazo, C. y 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 Science Reviews*, 15: 53-62.
- Meco, J., Guillou, H., Carracedo, J.C., Lomoschitz, A., Ramos, A.J. y Rodríguez-Yáñez, J.J. 2002. The maximum warmings of the Pleistocene world climate recorded in the Canary Islands. *Palaeogeography*,

- Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 185: 197-210.
- Meco, J., Ballester, J., Soler, E. y Betancort, F. 2007. Los fósiles del Pleistoceno marino de Las Palmas (Gran Canaria) y de La Guirra (Fuerteventura). *In: Pons, G.X. y Vicens, D.* (Eds.). *Geomorfologia litoral i quaternari: homenatge a Joan Cuerda Barceló. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 14: 37-48.
- Morey, B. 2008. El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes per a la gestió i conservació. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 227-258.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 77-126.
- Nicklés, M. 1950. *Mollusques testacés marins de la cote occidentale d'Afrique*. Paris. 269 pp.
- Pomar, L. y Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*, 14: 505-514.
- Pons, G. X. y Vicens, D. (Eds.). 2007. *Geomorfologia litoral i quaternari: homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 14: 380 pp.
- Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baléares et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la Peninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-342.
- Stearns, CH. y Thurber, D. 1965. Th. 230 U 234 dates of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean and Moroccan littorals. *Quaternaria*, 7: 29-42.
- Torres, T., Ortiz, J.E., Puche, O., de la Vega, R. y Arribas, I. 2006. Biometría de *Strombus bubonius* Lamark 1791 del yacimiento de Cerro Largo (Roquetas de Mar, Almería). *Geogaceta*, 40: 167-170.
- Vicens, D., Gràcia, F. y Ginés, A. 2012. Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. *In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P., Fornós, J. J.* (Eds). Mallorca, a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 18: 55-84.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., Gonzalez-Delgado, J.A. y 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.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Lario, J., González-Delgado, J.A., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C., Cabero, A., Ghaleb, B., Borja, F., Silva, P.G., Roquero, E. y Soler, V. 2013. Retracing the Quaternary history of sea-level changes in the Spanish Mediterranean-Atlantic coasts: Geomorphological and sedimentological approach. *Geomorphology*, 196: 36-49.

# *Colaphellus sophiae* (Schaller), nuevo género y nueva especie para la fauna ibero-balear (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae)

Eduard PETITPIERRE

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Petitpierre, E. 2014. *Colaphellus sophiae* (Schaller), nuevo género y nueva especie para la fauna ibero-balear (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 137-140. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Se indica la presencia de *Colaphellus sophiae* (Schaller) en Mallorca, probablemente introducida con plantas de rúcula (*Diplotaxis tenuifolia*). Se incluye una clave para su identificación con respecto a los restantes géneros baleares de la subfamilia Chrysomelinae.

**Palabras clave:** *Colaphellus sophiae*, *Diplotaxis tenuifolia*, nueva cita, Mallorca, Esporles.

*Colaphellus sophiae* (SCHALLER), NOU GÈNERE I NOVA ESPÈCIE PER A LA FAUNA IBERO-BALEAR (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: CHRYSOMELINAE). S'indica la presència de *Colaphellus sophiae* (Schaller) a Mallorca, probablement introduïda amb plantes de rúcula (*Diplotaxis tenuifolia*). S'inclou una clau per a la seva identificació respecte als altres gèneres balears de la subfamilia Chrysomelinae.

**Paraules clau:** *Colaphellus sophiae*, *Diplotaxis tenuifolia*, nova cita, Mallorca, Esporles.

*Colaphellus sophiae* (Schaller), NEW GENUS AND NEW SPECIES FOR THE IBERO-BALEARIC FAUNA (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: CHRYSOMELINAE). This species has been found in Mallorca, probably introduced with plants of rucula (*Diplotaxis tenuifolia*). A key for its identification with regard to the other balearic genera of the subfamily is given.

**Key words:** *Colaphellus sophiae*, *Diplotaxis tenuifolia*, new record, Mallorca, Esporles.

Eduard PETITPIERRE, Lab. de Genètica, Dept. de Biologia, Fac. de Ciències, UIB, 07122 Palma de Mallorca (Espanya).

Recepció del manuscrit: 11-nov-14; revisió acceptada: 1-des-14.

## *Colaphellus sophiae* (Schaller) en Mallorca

El 25 de Octubre y el 2 de Noviembre de 2014 capturé en el jardín de mi casa en Esporles (Mallorca) (Fig. 1) un total de cuatro ejemplares de *Colaphellus sophiae*

(Schaller, 1783) (Fig. 2), especie euroasiática y eurosiberiana (Kippenberg, 2010). Dos de estos insectos se encontraron sobre plantas asilvestradas de rúcula (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC), y el tercero fue colectado mediante manguero indiscriminado en la misma zona del jardín que los

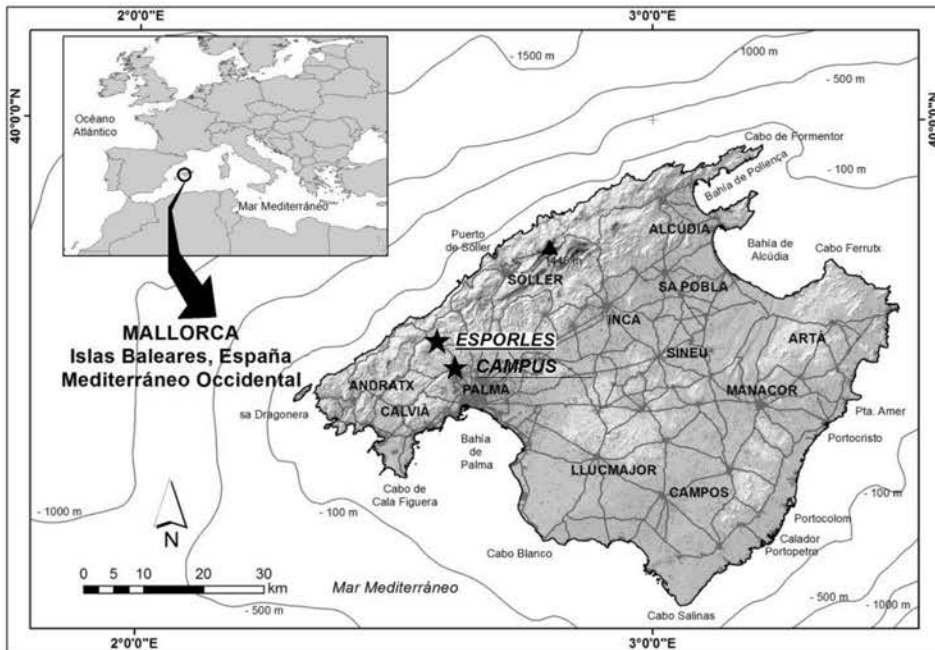
anteriores (coordenadas UTM del lugar de colecta: 31N ETRS89, x = 464567 y = 4389872). Se recolectó un cuarto ejemplar en el campu de la Universitat de les Illes Balears, en Palma de Mallorca (Fig 1).

Nuestras observaciones *in vitro* permitieron verificar que se alimentaban de las hojas de esta planta de la familia Brassicaceae. Esta selección trófica se corresponde con los datos publicados por Koch (1992) que indica un trofismo sobre *Sisymbrium sophia*, *Sinapis alba* y *Raphanus raphanistrum* en Austria y Alemania, plantas todas ellas de la misma familia que la rúcula.

La forma típica de *Colaphellus sophiae* se distribuye por Europa central, Bielorrusia, oeste y centro de Ucrania, y centro de la Rusia europea (Lopatin *et al.*, 2004; Kippenberg, 2010), pero no se ha

citado de Francia (Winkelman y Debreuil, 2008) ni de Italia (Biondi *et al.*, 1994). Su hallazgo en Mallorca cabe interpretarlo como fruto de una introducción pasiva, ya que hasta ahora no se había detectado nunca en el ámbito ibero-balear, probablemente a partir de plántulas de rúcula que tuvieran huevos de esta especie.

De hecho, los planteles de rúcula en el huerto ecológico de nuestro jardín, se realizaron en la primavera de 2012 pero luego se abandonaron, de modo que las rúculas asilvestradas expandieron el área colonizada. Y aunque en el año 2013 no constatamos la presencia de este crisomélido en nuestro jardín, es posible que ya existieran unos pocos individuos que pasasen desapercibidos. En cualquier caso, el ejemplar encontrado posteriormente en el Campus de la Universitat de les Illes



**Fig. 1.** Localización captura *Colaphellus sophiae*.  
**Fig. 1.** Capture location *Colaphellus sophiae*.



Fig. 2. *Colaphellus sophiae* (Schaller, 1783).

Balears (municipio de Palma), sugiere que probablemente este crisomérido haya colonizado, por lo menos, algunas otras localidades de la isla.

El género *Colaphellus* Weise 1916 es de geonemia paleártica y consta de 12 especies, la mayoría asiáticas, tres norteafricanas y *Colaphellus sophiae* como única especie europea (Kippenberg, 2010). Para identificar al género *Colaphellus* dentro de la subfamilia Chrysomelinae con respecto a los restantes géneros también representados en las islas Baleares, añadimos a continuación la siguiente tabla dicotómica:

1. Patas con los tres primeros tarsómeros similares en grosor. Mentón grande. Epipleuras de los élitros anchas, casi verticales en la mitad apical, su relieve superior obliterado hacia el ápice. Tamaño > 10,0 mm. .... *Timarcha*  
- Patas con el 2º tarsómero más estrecho que el 3º. Mentón pequeño.

- Epipleuras de los élitros estrechas y dispuestas oblicuamente, aunque visibles por lo menos hasta la mitad en vista lateral. Tamaño: ≤ 10 mm. .... 2
2. Pronoto con un saliente muy marcado a ambos lados del margen basal. Cuerpo de color bronceado uniforme, áptero y con los élitros soldados. Tamaño: 4,0 – 6,0 mm. .... *Cyrtonus*  
- Pronoto sin salientes marcados a ambos lados del margen basal. Cuerpo alado, sin élitros soldados ..... 3
3. Palpos maxilares con el último palpómero más corto y estrecho que el precedente. Cuerpo oval y muy convexo, cabeza y pronoto de color rojizo, élitros amarillos cada uno de ellos con cinco bandas longitudinales negras. Una sola especie introducida de Norteamérica, plaga de las patateras. Tamaño: 7,5-10,0 mm. .... *Leptinotarsa*  
- Palpos maxilares con el último palpómero al menos tan largo como el

- precedente. Cuerpo alargado o subesférico, convexo o aplanado, de color distinto al anterior. .... 4
4. Élitros con el borde apical ciliado, visible a buen aumento (25 – 50X). Cuerpo oval o redondeado, más o menos convexo según las especies. Tamaño: 6,0 – 9,0 mm. .... **Chrysolina**  
- Élitros con el borde apical sin cilios. Tegumento total o parcialmente metálico. .... 5
5. Pronoto metálico con una depresión punteada paralela al margen lateral. Élitros rojizos excepto en los bordes apicales de la sutura que son negros. Tamaño mayor: 8,0 – 10,0 mm. Una sola especie introducida, a confirmar en la fauna balear. .... **Chrysomela**  
- Pronoto metálico o no, sin la depresión punteada paralela al margen lateral. Élitros de color azul metálico. Tamaño menor: 4,0 – 6,0 mm. .... 6
6. Cuerpo de forma oval alargada y poco convexa. Pronoto amarillo y élitros azul oscuros. Sobre plantas Polygonaceae. .... **Gastrophysa**  
- Cuerpo subesférico muy convexo. Pronoto y élitros de color azul oscuro uniformes. Sobre plantas Brassicaceae. .... **Colaphellus**

## Agradecimientos

Estoy en deuda con José Antonio Jurado-Rivera (IMEDEA CSIC-UIB, Esporles, Mallorca) por comunicarme las coordenadas UTM del lugar de captura y editar la fotografía de esta especie.

## Bibliografía

- Biondi, M., Daccordi, M., Regalin, R. y Zampetti, M. 1995. Coleoptera Phytophaga XV (Chrysomelidae, Bruchidae). *In*: A. Minelli, S. Ruffo and S. La Pasta (eds.). Checklist delle specie de la Fauna Italiana 60: 1-34. Minis. Amb. Comitato Sci. Fauna Italia. Calderini, Bologna.
- Kippenberg, H. 2010. Chrysomelinae, pp. 390-443. *In*: I. Löbl & A. Smetana (ed.). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 6. Stenstrup. Apollo Books, 924 pp.*
- Koch, K. 1992. *Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie. Band 3.* Goecke & Evers, Krefeld 389 pp.
- Lopatin, I.K., Aleksandrovich, O.R. y Konstantinov, A.S. 2004. *Check List of Leaf-Beetle Chrysomelidae (Coleoptera) of the Eastern Europe and Northern Asia.* Mantis, Olsztyn, Poland, 343 pp.
- Winkelman, J. y Debreuil, M. 2008. *Les Chrysomelinae de France (Coleoptera, Chrysomelidae).* Suppl. Rutilans. 188 pp.

# Els jaciments de platja pleistocens entre cala Mesquida i cala Roja (Capdepera, Mallorca, Mediterrània occidental)

Damià VICENS

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

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. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es descriu l'estratigrafia i el registre paleontològic de jaciments del Pleistocè superior amb fòssils marins situats entre cala Mesquida i cala Roja, al litoral de Capdepera (Mallorca). S'han revisat les col·leccions de la Societat d'Història Natural de les Balears on hi havia fòssils procedents dels jaciments de la zona d'estudi i es compara amb els tàxons que s'havien citat de cada jaciment.

**Paraules clau:** Pleistocè superior, jaciments, Mollusca, Capdepera, Mallorca.

QUATERNARY BEACH DEPOSITS IN CAPDEPERA BETWEEN CALA MESQUIDA AND CALA ROJA (MALLORCA, WESTERN MEDITERRANEAN). The stratigraphy and paleontological records of sites from the upper Pleistocene with marine fossils are described. The paleontological site are located between Cala Mesquida and cala Roja, on the coast of Capdepera (Mallorca). We have reviewed the fossils collections of the Natural History Society of the Balearic Islands, and we compare these material previous cited in each site with the new records.

**Keywords:** Upper Pleistocene, paleontological sites, Mollusca, Capdepera, Majorca.

Damià VICENS, Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca. Grup de recerca BIOGEMED.

Recepció del manuscrit: 10-nov-14; revisió acceptada: 30-des-14.

## Introducció

En aquest treball es continua amb la catalogació de jaciments del Pleistocè superior marí de la península d'Artà. En el primer treball es catalogaren els jaciments litorals d'Artà a la badia d'Alcúdia (Vicens 2009; 2010). A la segona entrega els jaciments des del cap Ferrutx fins a la cala Torta, també al municipi d'Artà (Vicens 2012). En resum es pot dir que hi ha bons jaciments al litoral artanenc, amb nivells del MIS 5e i del MIS 5a. D'especial

rellevància és el jaciment del caló des Camps (Vicens *et al.*, 2012; Ginés *et al.*, 2012) i els de s'Arenalet i Fontsalada (Vicens, 2012; Vicens i Gràcia, 1988) per la seva magnífica estratigrafia.

En aquest tercer treball s'estudien els jaciments des de cala Mesquida fins a cala Roja, al municipi de Capdepera. El jaciments més estudiats de la zona són els de Canyamel, i és perquè tenen uns valors estratigràfics notoris, a pesar de que certs autors no les han valorat com es mereixen.

A la desembocadura del torrent de

Canyamel hi ha l'Estany de Canyamel, que és un Àrea Natural d'Especial Interès amb una extensió de 3,9 hectàrees. Es tracta d'una basa litoral de desembocadura, que es mantén tot l'any, que s'ha format per l'excavació del torrent, quedant tancada per les arenas de la platja. És un ecosistema únic a la costa del llevant mallorquí (Mateos i González-Casasnovas, 2009).

Prop de Canyamel es troben les coves d'Artà. Aquesta cavitat es va fer turística devers l'any 1880, i presenta un valors naturals molt interessants. A més, des de la perspectiva del Quaternari, té espeleotemes freàtics anteriors al Pleistocè superior (Ginés i Ginés 2011).

És obligat comentar que *Myotragus balearicus*, descrit per Bate (1909) situa l'holotipus al jaciment de la cova de na Barxa (Bate, 1914). Aquest jaciment va ser descrit breument per l'autora anterior, i és per aquest motiu que Andrews *et al.* (1989) topografiaren, descriuen la cova i realitzen datacions radiomètriques amb les sèries de Urani, demostrant l'existència de dos dipòsits ossífers de cronologia diferent. Un té una edat superior als 195 ka, i l'altre una edat compresa entre 7,5 ka i 195 ka.

És interessant recordar que també al terme de Capdepera, a una eolianita de Son Jaumel, es varen trobar restes d'un *Myotragus balearicus* (Muntaner i Cuerda, 1956).

S'estalvia explicar els context geològic ja explicat a Vicens (2009) i pel que fa a l'estructura del treball, segueix el mateix esquema que els anteriors.

## Antecedents

A aquest apartat només es comenten articles en el que es citen jaciments del litoral de la zona de Capdepera.

Haime (1855) i Hermite (1879) són el primers en dir que hi ha platges quaternàries en aquesta zona, en concret a Canyamel. Anys després, Darder (1925) cita *Strombus mediterraneus* en aquesta localitat.

Muntaner (1955) descriu breument un jaciment pleistocè a cala Agulla.

Solé Sabarís (1962) presenta un tall i una breu descripció de Canyamel i de cala Rajada. El mateix any, Butzer i Cuerda (1962) estudien els jaciments de Canyamel, cala Rajada i cala Agulla. Es tracta de l'estudi més complet de jaciments pleistocens d'aquesta zona.

A la dècada dels 60 es citen una sèrie de mol·luscs terrestres trobats a jaciments del Pleistocè a la zona d'estudi (Gasull, 1963; 1964; 1965; 1969).

Cuerda (1975) comenta la presència de dipòsits de platja del Pleistocè superior a les localitats anteriors. Pomar i Cuerda (1979) citen quatre jaciments de la zona: la platja de Canyamel, les coves d'Artà, cala Rajada i cala Agulla.

Hearty (1987) amb datacions absolutes, basades amb l'epimerització de la isoleucina, realitza datacions d'un jaciment de Canyamel.

Cuerda (1987) fa referència als jaciments de la zona al parlar de determinats tàxons. Per primera vegada es dona la referència d'Es Carregador com a jaciment del Pleistocè superior. Anys més tard, Goy *et al.* (1997) daten un nivell holocè en aquest indret.

Morey (2008a; 2008b) i Morey i Cabanellas (2007-2008) citen una sèrie de jaciments del Pleistocè superior marí al litoral de Capdepera i fan una valoració de l'estat de conservació en que es troben.

Vicens *et al.* (2014) descriuen la presència de dipòsits travertínics de Canyamel que estan fossilitzats per platges pleistocenes.



A part de les obres citades, també és interessant el treball de Ramis (2011) que encara sigui un treball de caire arqueològic d'un jaciment proper a Canyamel, recull un llistat de mol·luscs recol·lectats per l'home fa uns 2 mil·lennis.

## Metodologia

S'ha prospectat la zona i es descriuen els jaciments del Pleistocè superior més significatius. L'estudi es basa amb la fauna observada i amb la revisió de la col·lecció Cuerda(1)-SHNB, col·lecció Muntaner-SHNB i col·lecció Vicens-SHNB (dipositades a la Societat d'Història Natural de les Balears), on hi havia material procedent d'alguns dels jaciments d'aquesta zona. També s'ha consultat la col·lecció Cuerda(2)-SHNB recentment catalogada, etiquetada i inventariada.

Per a la toponímia i situació dels jaciments s'ha utilitzat el mapa topogràfic balear donat pel Govern de les Illes Balears (<http://www.ideib.caib.es/visualitzador/visor.jsp>). Les coordenades s'han donat amb el datum 31N ETRS89.

La datació relativa dels dipòsits està basada en les faunes de mol·luscs marins durant el Pleistocè superior de les Balears estudiades per Cuerda (1975; 1987) i relacionades amb la corba eustàtica presentada per Tuccimei *et al.* (2006).

L'ordenació de les espècies trobades està basada en Cuerda (1987).

## Descripció dels jaciments

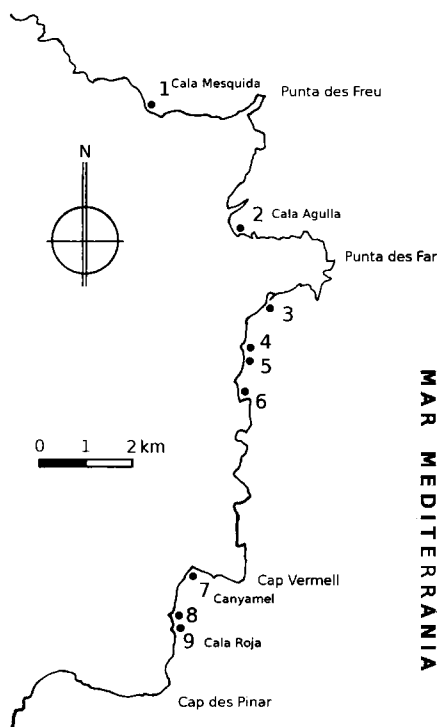
Els jaciments es descriuen de forma senzilla i es dona una llista dels fòssils citats en treballs anteriors, i de fòssils presents a les col·leccions anteriorment citades. Per norma general s'ha anomenat

l'estrat o nivell més antic de cada localitat amb la lletra **a**, i seguim amb les lletres per ordre alfabètic.

Per els colors del nivells s'ha utilitzat la *Munsell Soil Charts* a mostres seques dels nivells.

La discussió és fa just després de la descripció de cada jaciment.

Els jaciments situats en el terme de Capdepera són: Cala Mesquida, Cala Agulla, Cala Rajada, Son Moll, Sa Pedruscada-n'Aguait, es Carregador, Canyamel, Cala Albardans i Cala Roja (Fig. 1).



**Fig. 1.** Localització dels dipòsits quaternaris estudiats en aquest treball: 1- Cala Mesquida. 2- Cala Agulla. 3- Cala Rajada. 4- Sa Pedruscada. 5- N'Aguait. 6- Es Carregador. 7- Canyamel. 8- Cala Albardans. 9- Cala Roja.

**Fig. 1.** Location of the Quaternary deposits studied in this work.

A la Cala Agulla, Canyamel, Cala Rajada, i la zona de es Carregador hi ha varis jaciments a cada localitat. S'ha optat per donar el nom genèric d'aquesta localitat i després s'explica amb més detall les particularitats de cadascuna d'elles. Entre sa Pedruscada i n'Aguait hi ha taques del Quaternari i s'ha optat per anomenar aquesta zona com a sa Pedruscada-n'Aguait.

### **Cala Mesquida**

Coordenades: 547023/4399546

Hi ha una taca de platja a + 1 m, sobre les calcàries mesozoiques en el marge Oest de la platja. Aquest dipòsit està constituït per arenes de platja cimentades amb còdols arrodonits. S'han observat fragments d'*Acanthocardia tuberculata* i *Glycymeris* sp. Just devora la seqüència és més completa i s'observa (Fig. 2-A):

a- Calcàries del Mesozoic.

b- Dipòsit de platja d'uns 0,2 m de potència, situat a + 1 m.

c- Bretxes vermelloses d'un 0,2 m de potència.

d- Eolianita de color groc, d'una potència d'1,2 m.

Aquest jaciment és de modestes dimensions. La litologia del nivell de platja s'assembla als dipòsits de Cala Torta i de Cala Mitjana estudiats a Vicens (2012). El jaciment és del Pleistocè superior.

### **Cala Agulla**

Coordenades: 539011/4396903

Muntaner (1955) comenta que per sobre d'una dolomia triàsica, al ponent de la Cala, hi ha un dipòsit del Tirrenià II a uns +2 m. Per damunt hi ha eolianites. Cuerda (1957) cita algun tàxon d'aquest indret. Pocs anys després, Butzer i Cuerda (1962) donen un llistat de la fauna, emperò no fan

cap tall. També aquests darrers autors diuen que hi ha platges tirrenianes veïnes, emperò no les situen.

Butzer i Cuerda (1962) diuen que els estrats inferiors estan constituïts per conglomerats marins i són molt fossilífers. Aquest senzill detall fa pensar que aquest jaciment no es troba al ponent de la Cala com diu Muntaner (1955), sinó que es troba al llevant de la Cala, de fet concorda amb la senzilla descripció de Muntaner (1955) i en les observacions personals realitzades.

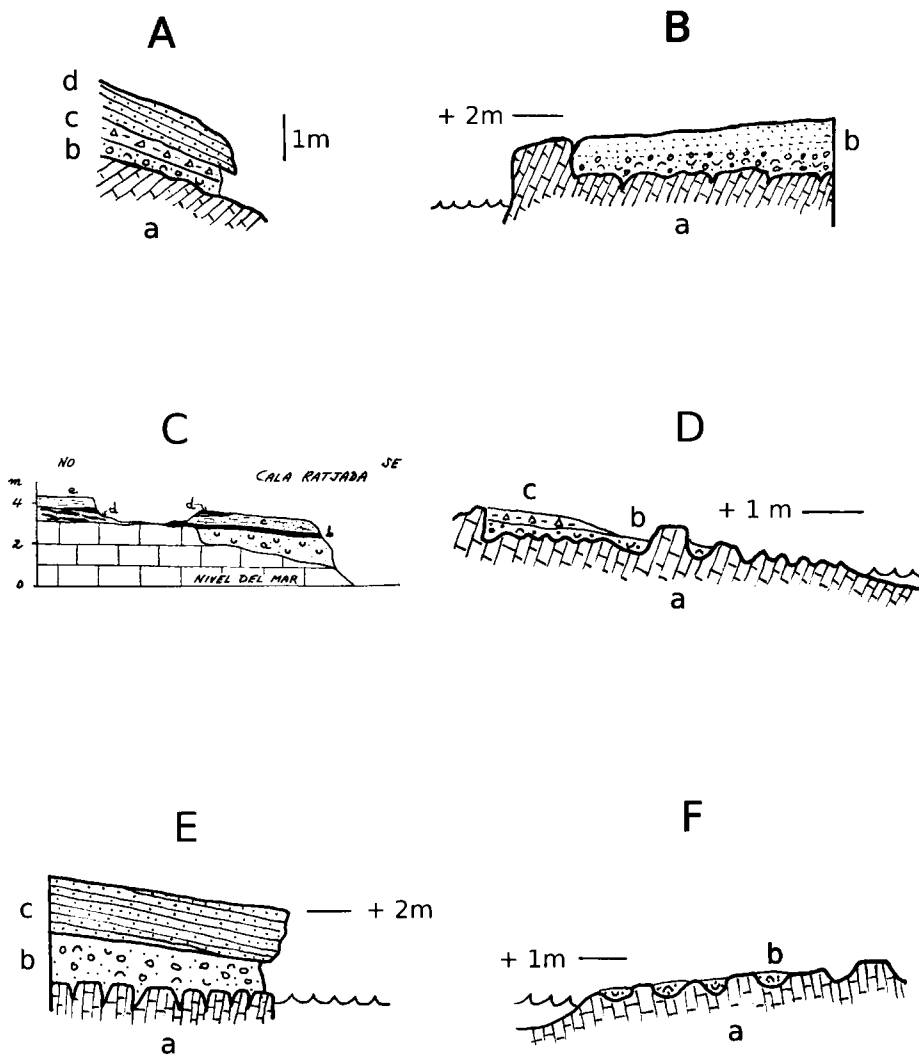
A la Cala, en realitat hi ha dipòsits del Pleistocè superior marí en un quants de llocs. Al que hi ha al llevant en realitat està a s'Entrador (Fig. 2-B). Ni ha un al centre de la Cala, ja citat per Morey (2008), i només es pot observar quan es retira l'arena després d'un temporal. També n'hi ha un al ponent de la Cala que consta de diferents taques situades entre + 0 m i + 2 m.

Els tàxons citats per Butzer i Cuerda (1962) són nombrosos, emperò més ho són els que hi ha a la col·lecció Cuerda-SHNB(1). També hi ha tàxons d'aquest indret a la Col. Muntaner-SHNB, a la col. Cuerda-SHNB(2) i a la col. Vicens-SHNB. A Cuerda (1987) només es citen els tàxons més significatius. El llistat de tàxons, provinents presumiblement d'espècimens del jaciment de s'Entrador, es pot consultar a la taula 1. Entre ells hi ha una sèrie de tàxons termòfils com són *Brachidontes senegalensis*, *Cardita senegalensis*, *Cantharus viverratus*, *Mitra fusca* i *Conus testudinarius*.

L'alçada del dipòsit, els tàxons termòfils presents, el context geomorfològic i la semblança amb altres dipòsits del Pleistocè superior mallorquí, va fer que els autors anteriors situassin cronològicament aquest jaciment al MIS 5e.

### **Cala Rajada**

Coordenades: 539548/4395557



**Fig. 2.** Talls estratigràfics entre cala Mesquida i es Carregador. Veure l'explicació al text. A- Cala Mesquida (NW-SE). B- S'Entrador (cala Agulla)(NW-SE). C- Cala Rajada segons Butzer i Cuerda (1962). D- N'Aguaït (W-E). E- Es Carregador 1 (N-S). F- Es Carregador 3 (N-S).

**Fig. 2.** Stratigraphical log between cala Mesquida and es Carregador. See explanation in the text. A- Cala Mesquida (NW-SE). B- S'Entrador (cala Agulla)(NW-SE). C- Cala Rajada according Butzer & Cuerda (1962). D- N'Aguaït (W-E). E- Es Carregador 1(N-S). F- Es Carregador 3 (N-S).

Segons Butzer i Cuerda (1962), el jaciment més important d'aquesta cala va ser descobert per Andreu Muntaner. Solé-

Sabarís (1962) presenta un tall on entre +3,2 m i +3,6 m hi ha un nivell marí per sobre d'una plataforma al Cretàc.

<b>Tàxon</b>	<b>B&amp;C 62</b>	<b>C 87</b>	<b>Col C(1)</b>	<b>Col C(2)</b>	<b>Col M</b>	<b>Col V</b>
<i>Myriopora truncata</i>			X			
<i>Paracentrotus lividus</i>			X			
<i>Xantho poressa</i>			X			
<i>Arca noae</i>	X		X	X	X	
<i>Barbatia barbata</i>	X		X			
<i>Barbatia plicata</i>	X		X			
<i>Striarca lactea</i> (1)	X	X	X			
<i>Glycymeris violacescens</i>					X	
<i>Brachidontes senegalensis</i>		X				
<i>Mytilaster minimus</i>		X	X			
<i>Pecten</i> sp.				X		
<i>Spondylus gaederopus</i>			X			
<i>Lima lima</i>			X	X		
<i>Ctena decussata</i>	X		X	X	X	
<i>Chama gryphoides</i>	X		X			
<i>Cardita calyculata</i>			X		X	
<i>Cardita senegalensis</i>		X	X			
<i>Acanthocardia tuberculata</i>			X	X	X	
<i>Irus irus</i>			X			
<i>Chamelea gallina</i>			X			
<i>Dentalium vulgare</i>		X	X			
<i>Dentalium rubescens</i>		X	X			
<i>Haliotis lamellosa</i>	X	X	X			
<i>Diodora graeca</i>	X			X		
<i>Diodora gibberula</i>		X	X		X	
<i>Fissurella nubecula</i>	X				X	
<i>Patella caerulea</i>	X		X			
<i>Patella aspera</i>			X			
<i>Patella lusitanica</i>	X		X			
<i>Calliostoma</i> sp.			X			
<i>Gibbula varia</i>	X	X	X			
<i>Gibbula turbinoides</i>		X	X			
<i>Gibbula divaricata</i>	X	X	X			
<i>Gibbula rarilineata</i>			X			
<i>Monodonta turbinata</i>	X	X	X	X	X	
<i>Monodonta articulata</i>	X	X	X			
<i>Jujuvinus exasperatus</i>	X					
<i>Clanculus jussieui</i>	X	X	X			
<i>Astraea rugosa</i>	X		X	X		X
<i>Tricolia pulla</i>	X	X	X			
<i>Littorina neritoides</i>	X		X	X	X	
<i>Hydrobia acuta</i>		X	X			
<i>Setia semistriata</i>		X	X			
<i>Barleeia rubra</i>	X	X	X			
<i>Alvania cimex</i>	X		X			
<i>Alvania lactea</i>	X	X	X			
<i>Alvania cancellata</i>		X	X			
<i>Alvania scabra</i>		X	X			
<i>Turboella similis</i>	X	X	X			
<i>Rissoa variabilis</i> (2)		X	X			
<i>Rissoa guerini</i>	X	X	X			
<i>Rissoa violacea</i>	X	X	X			
<i>Rissoina bruguieri</i>	X		X			
<i>Bivonia triquetra</i>		X	X			

<i>Melania tuberculata</i>		X	X		
<i>Bittium reticulatum</i> (3)	X	X	X		
<i>Thericium vulgatum</i> (4)		X	X		
<i>Thericium rupestre</i>			X		
<i>Cerithiopsis minima</i>	X	X			
<i>Cerithiopsis bilineata</i>	X	X	X		
<i>Triphora perversa</i>	X		X		X
<i>Opalia crenata</i>	X	X	X		
<i>Epitonium clatrhys minimum</i> (5)		X			
<i>Eulima incurva</i>	X	X	X		
<i>Fossarus ambiguus</i>		X	X		
Muricidae indet.			X		
<i>Thais haemastoma</i>				X	X
<i>Ocenebrina aciculata</i>	X		X		
<i>Ocenebrina edwardsi</i>	X		X		
<i>Mitrella scripta</i>	X	X	X		
<i>Columbella rustica</i>	X		X	X	
<i>Cantharus viverratus</i>		X			
<i>Chauvetia minima</i>	X	X	X		
<i>Amyclina corniculum</i>		X	X		
<i>Cyclope donovani</i>	X	X	X		
<i>Hinia costulata</i>			X		X
<i>Pusia tricolor</i>		X	X		
<i>Mitra fusca</i>			X	X	
<i>Mitra cornicula</i>		X	X		
<i>Mitra ebenus</i>		X	X		
<i>Gibberula miliaria</i>	X		X		X
<i>Hialina secalina</i>	X	X	X		
<i>Conus testudinarius</i>		X			X
<i>Conus mediterraneus</i>	X		X	X	X
<i>Mitrolumna olivoidea</i>	X	X	X		
<i>Cythara rugulosa</i>		X	X		
<i>Turbonilla desecostata</i>		X	X		
<i>Ringicula conformis</i>		X	X		
<i>Gadina garnoti</i>	X	X	X		

**Taula 1.** Fòssils marins del Pleistocè superior del jaciment de s'Entrador (Cala Agulla) citats per Butzer i Cuerda (1962), Cuerda (1987) i fòssils presents a la col·lecció Cuerda(1)-SHNB, col·lecció Cuerda(2)-SHNB, col·lecció Muntaner-SHNB i col·lecció Vicens-SHNB.

(1): A Cuerda (1987) citat *S. lactea* var. *gaimardi*. (2): A Cuerda (1987) citat *R. variabilis* var. *neglecta*. (3) i (4): No s'han tingut en compte les varietats. (5): Apareix figurat a Cuerda (1987).

**Table 1.** Upper Pleistocene marine fossils from the s'Entrador deposit (Cala Agulla) cited by Butzer and Cuerda (1962), Cuerda (1987) and fossils present in the Cuerda(1)-SHNB collection, Cuerda(2)-SHNB collection, Muntaner-SHNB collection and Vicens-SHNB collection.

(1): In Cuerda (1987) cited *S. lactea* var. *gaimardi*. (2): In Cuerda (1987) cited *R. variabilis* var. *neglecta*. (3) and (4) Not taken into account varieties. (5): Appears figured Cuerda (1987).

Per damunt del nivell marí hi ha argiles rosades, i per sobre, una eolianita. Butzer i Cuerda (1962) diuen que els materials del Pleistocè es troben per sobre d'unes calcàries groguenques amb *Cardium* (denominació al treball original, el més

probable és que es tracti de *Cerastoderma*) (Fig. 2-C). Les coordenades que aquí es donen podrien ser d'aquesta darrera localització o propera a ella, ja que si s'ha observat aquestes calcàries groguenques, emperò no s'ha observat tots els nivells que

es representen al tall.

Butzer i Cuerda (1962) presenten un tall (Fig. 2-C) amb la següent estratigrafia:

a- Llims arenosos de color vermellós, fossilífers, que arriben fins els +2,8m. El fòssils citats pels autors esmentats es poden consultar a la taula 2. D'entre ells, *Conus testudinarius* indica una edat del Pleistocè superior

b- Llims amb *Iberellus companyonii* i *Tudorella ferruginea* d'una potència de 30 cm. Base de Würm.

c- Eolianita rosada amb *I. companyonii* i *T. ferruginea* de 50 cm de potència.

d- 15-60 cm d'arena llimosa, color rostr, amb elements detrítics i concrecions.

e- Elements eòlics groc-vermellós de més de 55 cm de potència.

En realitat hi ha diversos jaciments situats prop del port, la major part dels quals presenten una estratigrafia molt senzilla, consistent en dipòsits de platja situats per sobre les calcàries del Mesozoic entre el nivell de la mar i +2 m. Els fòssils procedents de cala Rajada es poden consultar a la taula 2.

Els fòssils de la col. Vicens-SHNB precedeixen d'unes arenos aferrades a uns + 2m a un escar situat a uns 200 m al SW del port. Els fòssils de la col. Cuerda(1)-SHNB i col. SHNB(2)-SHNB no tenen perquè procedir del mateix dipòsit, ja que hi ha una sèrie de taques per la zona del port de cala Rajada.

### **Son Moll**

Coordenades: 539156/4395209

Situat al marge N de la platja. Es tracta d'un dipòsit de mides modestes constituït per bretxes vermelloses (7.5YR 7/6) situades per sobre d'una eolianita de color groc pàl·lid (10YR 8/2) d'edat presumiblement rissiana. Les bretxes presenten a la base nivells un poc

travertinitzats. S'han observat restes de mol·luscs marins i terrestres, dels que s'han pogut determinar *Arca noae* i *Cantharus viverratus*. El darrer és termòfil i característic del Pleistocè superior de les Balears.

### **Sa Pedruscada-N'Aguait**

Coordenades Pedruscada: 559027/4394504

Coordenades n'Aguait: 539006/4394069

Per sa Pedruscada hi ha diferents taques de dipòsits de platja constituït per llims arenosos color vermell (7.5YR 6/8) per sobre de les calcàries del Mesozoic. A la col·lecció Vicens-SHNB hi ha els següents fòssils procedents d'aquest indret: *Loripes lacteus*, *Patella* sp. i *Monodonta* sp.

Prop de n'Aguait hi ha diferents taques de dipòsits de platja per sobre les calcàries del Mesozoic. Aquests dipòsits estan constituïts per una mescla d'arenos de platja, llims vermellosos, codolets arrodonits petits, generalment de mida mm, clastes petits angulosos i algun fòssil (Fig. 2-D). A la col·lecció Vicens-SHNB hi ha els següents tàxons, procedents d'una taca situada a uns 30 m al N de la caleta i a + 1 m (coordenades: 539057/4344116):

*Rhodophyceae* indet.

*Echinoidea* indet.

*Brachyurus* indet.

*Barbatia barbata*

*Striarca lactea*

*Lima* sp.

*Ctena decussata*

*Cardita calyculata*

*Haliotis lamellosa*

*Diodora gibberula*

*Patella* sp.

*Monodonta turbinata*

*Astraea rugosa*

*Littorina neritoides*

*Rissoa violacea*

*Rissoina bruguieri*

Tàxon	B&C 62	Col C(1)	Col C(2)	Col V
Rhodophyceae indet.			X	X
Bryozoa indet.				X
Brachyurus indet.				X
<i>Arca noae</i>	X	X	X	
<i>Barbatia barbata</i>	X	X		X
<i>Glycymeris violascens</i>	X		X	
<i>Spondylus gaederopus</i>	X		X	
<i>Lima lima</i>		X		
<i>Chama gryphoides</i>	X			
<i>Pseudochama gryphina</i>			X	
<i>Diodora gibberula</i>	X			
<i>Patella</i> sp.	X		X	
<i>Patella aspera</i>				X
<i>Gibbula</i> sp.			X	
<i>Astrea rugosa</i>			X	
Vermetidae indet.			X	
<i>Theridium vulgatum</i>	X		X	
<i>Fossarus ambiguus</i>				X
<i>Payraudeautia intricata</i>			X	
<i>Charonia nodifera</i>	X			
<i>Trunculariopsis trunculus</i>	X		X	
<i>Columbella rustica</i>	X			
<i>Comus testudinarius</i>	X			
<i>Comus mediterraneus</i>	X	X	X	

**Taula 2.** Fòssils marins del Pleistocè superior del jaciment de cala Rajada citats per Butzer i Cuerda (1962), i fòssils presents a la col·lecció Cuerda(1)-SHNB, col·lecció Cuerda(2)-SHNB, i col·lecció Vicens-SHNB.

**Table 2.** Upper Pleistocene marine fossils from the cala Rajada deposit cited by Butzer and Cuerda (1962), and fossils present in the Cuerda(1)-SHNB collection, Cuerda(2)-SHNB collection, and Vicens-SHNB collection.

Vermetidae indet.

*Bittium reticulatum* var. *latreillei*

*Theridium* sp.

*Triphora perversa*

*Fossarus ambiguus*

*Trivia* sp.

*Luria lurida*

*Coralliophila meyendorffi*

*Columbella rustica*

*Hinia* sp.

*Gibberula miliaria*

*Comus mediterraneus*

A la relació anterior no hi ha cap tàxon bioindicador, per la qual cosa fa mal precisar si es tracta del MIS 5e o del MIS 5a, emperò el més probable és que sigui del MIS 5a.

Al marge S de la caleta de n'Aguait hi ha un altre dipòsit del Pleistocè superior, que està constituït per arenes de platja, còdols arrodonits de mida cm i algun fòssil. Els sediments arriben fins els + 2 m.

**Es Carregador**

Coordenades EC1: 538906/4393603

Coordenades EC2: 538967/4393435

Coordenades EC3: 539104/4393331

Aquest jaciment no és citat per Pomar i Cuerda (1979) on es fa un inventari dels jaciments més importants del Pleistocè de Mallorca. Cuerda (1987) fa referència d'aquest indret tant en el mapa de Mallorca on situa els dipòsits del Pleistocè superior,

com quan parla d'alguna espècie en concret. La cronologia assignada per aquest autor és del pis Neotirrenià (=MIS 5a).

Una dècada després, Goy *et al.* (1997) comenten que per sobre els dipòsits marins del darrer interglaciari, situats a +2 m, hi ha una terrassa marina holocena constituïda per un conglomerat sense cimentar i rica en *Vermetus* sp. i *Theriacium* sp., a + 1,15 m. Es va fer una datació amb C-14 a partir de mostres recollides al nivell holocè, emperò l'edat obtinguda que és de 20.110±1350 BP la varen rebutjar, ja que la línia de costa en aquesta edat estava molt més cap a l'Est i uns 100 m per davall de l'actual nivell de la mar.

Morey (2008a) presenta un tall estratigràfic on diu que la autoria és de Cuerda (1987) encara que en aquest treball no apareix aquest tall i sigui un tall d'elaboració pròpia. Morey (2008a) situa un nivell de cronologia del MIS 5a per sobre d'un nivell del Riss (= MIS 6).

A la col·lecció Vicens-SHNB hi ha fòssils procedents de tres localitzacions. La localització situada més al Nord (EC1 a la taula 3) presenta un dipòsit de platja per sobre de les calcàries del Mesozoic. Per damunt de la platja fòssil hi ha una eolianita (Fig. 2-E). Dels tàxons procedents d'aquest indret, tres són termòfils com són *Barbatia plicata*, *Cantharus viverratus* i *Conus testudinarius*, per la qual cosa la cronologia sembla eutirreniana, i presumiblement del MIS 5e. De la segona localització (EC2 a la taula 3) només hi ha un fòssil, *Conus mediterraneus*, i per això no s'ha posat a la taula. La tercera localització, que és la que es troba més al S, consta d'una sèrie de taques (EC3 a la taula 3). Els dipòsits quaternaris en aquest cas són arenes de platja mesclades amb llims vermellosos i fòssils marins que descansen discordants per sobre de les calcàries del Mesozoic (Fig. 2-F). Per la fauna present, el més

probable és que es tracti del pis Neotirrenià (=MIS 5a). En realitat seria més adient assignar aquest indret amb el topònim de cala Tamarells.

A la col·lecció Cuerda hi ha més de 40 tàxons procedents d'*Es Carregador*, i Cuerda (1987) li assigna una edat Neotirreniana (=MIS 5a) al jaciment. No se sap de quin jaciment procedeixen els fòssils.

A la taula 3 hi ha una relació dels tàxons procedents de jaciments d'*es Carregador* a partir de la col·lecció Cuerda(1)-SHNB, col·lecció Cuerda(2)-SHNB i col·lecció Vicens-SHNB. El material de la col·lecció Cuerda-SHNB està citat parcialment a Cuerda (1987).

### **Coves d'Artà**

Pomar i Cuerda (1979) citen les coves d'Artà com un jaciment del Pleistocè superior marí. Al treball no expliquen el perquè, emperò també citen la cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia) com un indret on hi ha importants concrecionaments d'antics paleonivells marins, fenomen també present a les coves d'Artà.

### **Canyamel**

Coordenades N: 538036/4389842

Coordenades S: 537681/4389908

Com s'ha dit abans, Haime (1855) i Hermite (1879) són els primers en dir que hi ha platges quaternàries a Canyamel. Darder (1925) cita *Strombus mediterraneus* (= *S. bubonius*) en aquesta localitat, si bé Hermite (1979) ja l'havia citat anteriorment.

Solé-Sabarís (1962) cita la presència de conglomerats grollers a +1 m amb *Cardium* (denominació al treball original, en aquest cas tant podria ser *Cerastoderma* com *Acanthocardia*), recoberts per llims rojos. També diu que hi ha a la vora dipòsits amb



Tàxon	C 87 EC	Col C(1) EC	Col C(2) EC	Col V EC1	Col V EC3
<i>Myriopora truncata</i>		X			
<i>Echinoidea</i> indet.					X
<i>Echinocyamus pusillus</i>					X
<i>Bachyurus</i> indet.					X
<i>Arca noae</i>		X		X	
<i>Barbatia barbata</i>		X	X	X	X
<i>Barbatia plicata</i>				X	
<i>Barbatia pulchella</i>	X	X			
<i>Striarca lactea</i>		X	X		X
<i>Spondylus gaederopus</i>				X	X
<i>Lima lima</i>		X			X
<i>Ctena decussata</i>	X	X	X	X	X
<i>Loripes</i> sp.					X
<i>Loripes lacteus</i>				X	
<i>Chama gryphoides</i>		X		X	
<i>Pseudochama gryphina</i>		X			
<i>Cardita calyculata</i>		X			X
<i>Acanthocardia</i> sp.				X	
<i>Venus verrucosa</i>				X	
<i>Irus irus</i>		X			
<i>Haliotis lamellosa</i>	X	X			X
<i>Diodora graeca</i>	X	X			
<i>Diodora gibberula</i>		X			
<i>Fissurella nubecula</i>	X				X
<i>Fissurella tuberculata</i>			X		
<i>Patella</i> sp.			X		
<i>Patella caerulea</i>		X			
<i>Patella aspera</i>		X		X	X
<i>Patella lusitanica</i>		X			
<i>Gibbula</i> sp			X	X	
<i>Gibbula divaricata</i>	X	X			
<i>Monodonta turbinata</i>		X		X	X
<i>Monodonta articulata</i>		X			
<i>Jujubinus gravinae</i>	X	X			
<i>Clanculus jussieui</i>	X	X			
<i>Astraea rugosa</i>				X	
<i>Tricolia pulla</i>	X	X			
<i>Alvania cimex</i>		X			
<i>Rissoa variabilis</i> var. <i>neglecta</i>	X	X			
<i>Rissoa guerini</i>	X	X			
Vermetidae				X	
<i>Spirogyphus glomeratus</i>			X		
<i>Bittium reticulatum</i> var. <i>latreillei</i>		X			
<i>Thericium</i> sp			X		X
<i>Thericium vulgatum</i>				X	
<i>T. vulgatum</i> var. <i>pulchella</i>	X	X			
<i>Thericium rupestre</i> var. <i>minor</i>	X	X			
<i>Triphora perversa</i>	X	X			
<i>Opalia crenata</i>	X	X			
<i>Trivia pulex</i>	X	X			
<i>Payraudeautia intricata</i>	X	X			
<i>Thais haemastoma</i>				X	
<i>Ocenebrina edwardsi</i>	X	X			

<i>O. erinacea</i> var. <i>tarentina</i>			X	
<i>Columbella rustica</i>		X	X	X
<i>Cantharus d'orbigny</i>	X	X		
<i>Cantharus viverratus</i>			X	
<i>Chauvetia minima</i>	X	X		
<i>Cyclope donovani</i>	X	X		
<i>Hinia costulata</i>		X		
<i>Gibberula miliaria</i>		X		
<i>Hyalina secalina</i>	X	X		
<i>Conus testudinarius</i>		X	X	
<i>Conus mediterraneus</i>		X	X	
<i>C. mediterraneus</i> var. <i>vayssieri</i>			X	
<i>Gadina garnoti</i>		X		

**Taula 3.** Fòssils marins del Pleistocè superior del jaciment d'es Carregador citats per Cuerda (1987), i fòssils presents a la col·lecció Cuerda(1)-SHNB, col·lecció Cuerda(2)-SHNB, i col·lecció Vicens-SHNB. EC: Es Carregador. EC1: Es Carregador 1. EC3: Es Carregador 3. Veure explicació al text.

**Table 3.** Upper Pleistocene marine fossils from the es Carregador deposit cited by Cuerda (1987), and fossils present in the Cuerda(1)-SHNB collection, Cuerda(2)-SHNB collection, and Vicens-SHNB collection. EC: Es Carregador. EC1: Es Carregador 1. EC3: Es Carregador 3. See explanation in the text.

clastes angulosos.

Butzer i Cuerda (1962) són els primers en descriure en detall els jaciments pleistocens de Canyamel. Realitzen dos talls estratigràfics i citen els fòssils trobats.

Cuerda (1975; 1987) cita la presència del gastròpode *Strombus bubonius* a Canyamel, per la qual cosa indiquen que hi ha un nivell eutirrenià.

Hearty (1987) realitza un tall que probablement està fet a la zona S de la platja. Malauradament no l'explica amb detall.

Morey (2008a) presenta dos talls seus, encara que doni l'autoria a Cuerda (1987).

L'estratigrafia dels jaciments de Canyamel, segons Butzer i Cuerda (1962) està constituïda per sediments del Pleistocè sobre les calcàries del triàsic, situats a cada marge del torrent de Canyamel. També esmenten que l'erosió ha fet desaparèixer els vestigis pleistocens a la part central, mentre que a cada marge del torrent els dipòsits col·luvials presenten un cert espessor. Segons la meua opinió, és cert que al marge N de la desembocadura del

torrent, s'observen els materials del triàsic, emperò al marge S no afloren.

Butzer i Cuerda (1962) realitzen dos talls estratigràfics un al marge N (Fig. 3-A) i un altre al marge S (Fig. 3-B). L'estratigrafia és la següent:

a- 70 cm de llims arenosos semi-cimentats, color groc-vermellós.

b- 0-220 cm de nivells alternants de conglomerats grollers de platja i arenes marines eòlicas amb còdols de platja i fòssils rodats. Aquest nivell està present a ambdós marges.

c- Al marge N el nivell anterior es succeeix de forma concordant amb uns llims vermells groguencs amb còdols de platja i *Strombus bubonius*. La cronologia és del Tirrenià II.

d- 0-100 cm d'arenes marines semi-cimentades, llimoses, color groc, amb algun clast angular, fòssils marins i alguns mol·lusc continental. Aquests sediments estan recoberts per una costra cimentada de llims arenosos rosats amb innumerables exemplars de *Vermetus triquetus* i *Vermetus* sp.

e- 0-100 cm de duna consolidada amb zones que presenten rizoconcrecions i *Iberellus*. Segons els autors això indica una regressió marina posterior al Tirrenià II.

A la zona sudoccidental llunyana de la platja es troba la resta de la sèrie:

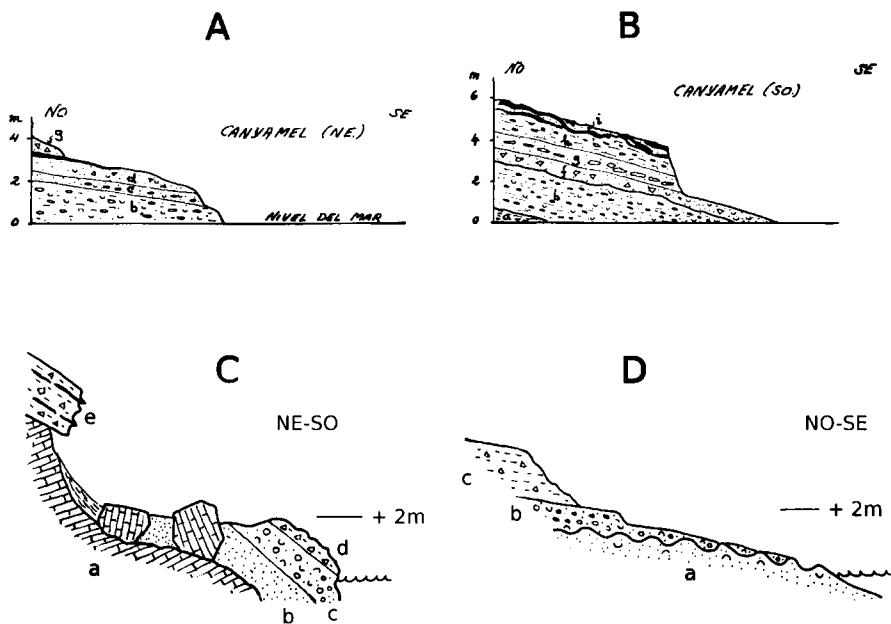
f- 70 cm d'arenes llimoses semi cimentades, groc-vermelloses amb *Glycymeris violacescens* a la base, a + 1,5 m (Tirrenià III), que a la part superior presenta *Iberellus*, *Tudorella*, i *Xerocrassa* (base de la sèrie continental del Würm).

g- 70 cm de elements detrítics cimentats arenosos, de color rosat amb nombroses crostes i *Iberellus*.

h- 100 cm d'arenes semi cimentades grogues amb elements detrítics i estratificació semi eòlica. Hi ha *Iberellus* i *Xerocrassa*.

i- 60 cm de breixa cimentada de color rosat amb llims travertínic.

Comentar que ho des d'ara, la zona N es troba bastant modificada des de que els autors anteriors varen visitar la zona. En



**Fig. 3.** Talls estratigràfics de Canyamel. A- Canyamel N, segons Butzer i Cuerda (1962). Veure explicació al text. B- Canyamel S, segons Butzer i Cuerda (1962). Veure explicació al text. C- Canyamel N, segons aquest treball: a- Calcàries del Mesozoic. b- Arenes cimentades de platja. c- Conglomerats de platja del Pleistocè superior amb fòssils marins. d- Bretxes. e- Llims vermellosos amb crostes. D- Canyamel S, segons aquest treball: a- Platja del Pleistocè superior amb fòssils marins. b- Platja del Pleistocè superior amb fòssils marins. c- Llims amb mol·luscs fòssils terrestres.

**Fig. 3.** Stratigraphical log of Canyamel. A- Canyamel N, according Butzer & Cuerda (1962). See explanation in the text. B- Canyamel S, according Butzer & Cuerda (1962). See explanation in the text. C- Canyamel N, in this work: a- Mesozoic limestones. b- Cemented sands of beach. c- Beach deposit with marine fossils. d- Breccias. e- Red silts with crusts. D- Canyamel S, in this work: a- Upper Pleistocene beach rock with marine fossils. b- Upper Pleistocene beach rock with marine fossils. c- Silts with terrestrial fossils mollusca.

primer lloc hi ha una sortida artificial del torrent que passa per on hi ha el jaciment i la destruït parcialment. Aquesta sortida artificial és perquè l'aigua del torrent no surti per la zona central de la platja i ho faci pel costat sense rompre la barra d'arena que la zona humida té al davant. A part, també hi ha part formigonada a manera de passadís que arriba a un mollet, i també hi ha col·luvions de vessant de muntanya amb alguna part formigonada just vora el jaciment, ja que hi ha una construcció veïna.

Segons la meua opinió, actualment és molt difícil observar i distingir els nivells b, c i d de Butzer i Cuerda (1962). De fet, no els he distingit, tal volta perquè aquest indret està molt modificat des de les observacions d'inicis dels 60. A més, Butzer i Cuerda (1962) diuen que aquestes capes es succeeixen concordants, si bé fan un comentari d'excepcionalitat sobre que la crosta superior del nivell d, què es troba discordant sobre el material inferior. La cronologia que donen els autors és del Tirrenià II final, i segurament és per dos motius. El primer, per l'alçada no superior als + 3,3 m; i el segon per la crosta amb Vermetidae, que segons els autors esmentats és una evidència de mar regressiva. Evidentment, l'atribució al Tirrenià II és per la presència d'*Strombus*. A la col·lecció Cuerda(1)-SHNB no s'ha trobat cap espècimen d'*Strombus bubonius* procedent d'aquest indret, emperò si s'ha trobat recentment etiquetant i catalogant els espècimens de la col·lecció Cuerda(2)-SHNB.

En aquest article es presenta un nou tall de la zona denominada Canyamel N (Fig. 3-C), on les coordenades són 53870/4389811.

Butzer i Cuerda (1962) no representen a cap tall el nivell e, una eolianita posterior al Tirrenià II, segons els autors. Això es deu

perquè deu ser el nivell que aflora entre el dos talls. Aquesta eolianita no presenta una laminació molt marcada i el que si és cert és que es pot observar la presència d'*Iberellus companyonii* i alguna rizoconcreció. Possiblement sigui més un final de platja que una eolianita, i m'inclin cap una cronologia del MIS 5e.

No veig tan evident la separació que fan els autors dels nivells f, g, h i i. *In situ* es veu una concordança i sembla un únic nivell. Per la seva posició estratigràfica, i els fòssils presents el més probable és que sigui del Würm com afirmen Butzer i Cuerda (1962).

A la taula 4 hi ha la llista dels tàxons presents a les col·leccions de la SHNB procedents dels dipòsits de platja quaternària de Canyamel. Pel que indicaven les etiquetes de la col. Cuerda(1)-SHNB, col. Cuerda(2)-SHNB i col. Muntaner-SHNB se li ha assignat el jaciment N o S. A les etiquetes dels espècimens no s'especifica de quin nivell procedeixen els fòssils, emperò els del jaciment S, el més probable es que siguin del nivell b (Fig. 3-D). El procedent del jaciment N és difícil esbrinar-lo. Els fòssils de la col. Vicens-SHNB procedeixen del nivell b (Fig. 3-D).

Segons observacions personals, a la zona S de la platja actual hi ha tot un conjunt de materials quaternaris i que es poden observar al llarg d'uns 400 m de línia de costa. Aquest materials comencen al marge S del torrent de Canyamel, amb l'aflorament amb una longitud de 100 m, i una potència entre 0,8 m i 1 m, d'una calcarenita que sembla un nivell d'arenes de platja situades entre una alçada màxima de +1,6 m (a primera línia de costa) que mostren parcialment laminacions, presenten algun fòssil d'*Iberellus companyonii*, i que podria ser el rere platja de l'antiga terrassa eutirreniana. Per davall d'aquest nivell, s'observa un nivell que sembla una

colianita, de vegades bioturbada, i amb molta presència de llims de color vermellós, i que podrien procedir d'antigues avingudes del torrent. També s'ha observat la presència d'*I. companyonii*.

Anant cap el S, desapareix el nivell b durant 60 m, amb tota seguretat degut a l'acció de l'abrasió marina holocena, per tornar a aparèixer amb una escassa gruixa d'uns 20 cm i presenta una crosta a la part superior. En aquest indret l'eolianita suporta dos nivells que abans no s'havien observat. Uns 0,7 m de llims grosos amb algun nivell travertínic, i a sobre un nivell de platja constituït per conglomerats, d'uns 20 cm de potència.

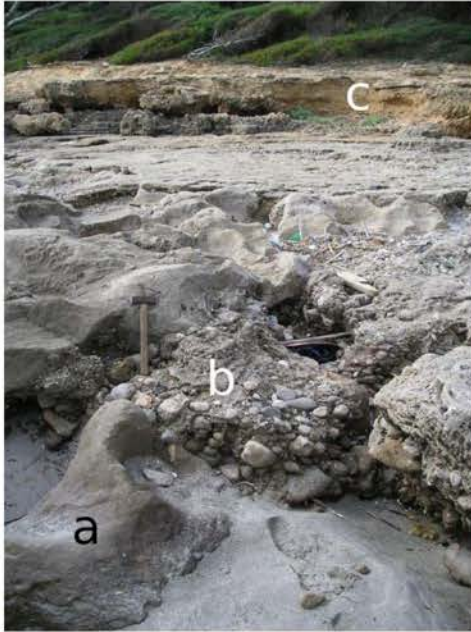
Si continuam cap el S hi ha una platja fòssil constituïda per conglomerats a la base que passen a una platja més arenosa cap el sostre. Aquesta platja suporta tota una sèrie de llims grosos amb mol·luscs terrestres.

A un indret no massa gran s'observa que aquesta platja pleistocena tapa antigues paleoformes produïdes damunt una altra platja més antiga (Fig. 3-D). En definitiva hi ha dues platges pleistocenes superposades. La platja inferior presenta grans d'arena fins molt cimentats i s'ha observat la presència del bivalve *Acanthocardia tuberculata*. La platja superior és un dipòsit cimentat que presenta grans d'arena més gruixuts i clastes arrodonits poligènics, de mida centimètrica i decimètrica on s'han observat els següents fòssils: *Acanthocardia tuberculata*, *Glycymeris violacescens*, *Lima* sp., *Thais haemastoma* i *Semicassis undulata*. El contacte entre les dues platges és clarament erosiu (Fig. 4). Entre els clastes arrodonits de la platja superior n'hi ha algun que procedeix dels dipòsits travertínics que hi ha just al darrera de la platja fòssil.

Tàxon	B&C 62	Col C(1)		Col C(2)		Col M		Col V	
		N	S	N	S	N	S	N	S
<i>Barbatia barbata</i>				X					
<i>Glycymeris</i> sp.				X					
<i>Glycymeris violacescens</i>	X		X			X	X		X
<i>Lima</i> sp.									X
<i>Loripes lacteus</i>							X		
<i>Pseudochama gryphina</i>				X					
<i>Acanthocardia tuberculata</i>	X	X				X	X		
<i>Cerastoderma glaucum</i>	X	X		X		X			
<i>Dosinia lupinus</i>	X								
Vermetidae indet.				X					
<i>Bivonia triquetra</i>			X			X			
<i>Theridium vulgatum</i>						X			
<i>Strombus bubonius</i>	X			X					
<i>Semicassis undulata</i>							X		X
<i>Thais haemastoma</i>	X	X		X		X			X
<i>Tudorella ferruginea</i>	X			X					

**Taula 4.** Fòssils marins del Pleistocè superior del jaciment de Canyamel citats per Butzer i Cuerda (1965), i fòssils presents a la col·lecció Cuerda(1)-SHNB, col·lecció Cuerda(2)-SHNB, col·lecció Muntaner-SHNB, i col·lecció Vicens-SHNB. N: jaciment al N. S: jaciment al S. Veure explicació al text.

**Table 4.** Upper Pleistocene marine fossils from the es Carregador deposit cited by Cuerda (1987), and fossils present in the Cuerda(1)-SHNB collection, Cuerda(2)-SHNB collection, and Vicens-SHNB collection. N: N deposit. S: S deposit. See explanation in the text.



**Fig. 4.** Canyamel S: a- Platja del Pleistocè superior. b- Platja del Pleistocè superior. c- Llims amb mol·luscs fòssils terrestres.

**Fig. 4.** Canyamel S: a- Beach rock of the upper Pleistocene. b- Beach rock of the upper Pleistocene. c- Silts with terrestrial fossils mollusca.

Per sobre de les platges fòssils hi ha uns llims ataronjats amb clastes angulosos amb els següents mol·luscs terrestres fòssils: *Iberellus companyonii*, *Tudorella ferruginea*, *Xerocrassa frater*, *Oxychilus lentiformis* i *Chondrula gymnesica*. En aquest nivell hi ha clastes de mida decimètrica i blocs de travertins de mida mètrica, provinents del paleo-penyassegat proper. També s'hi observa alguna crosta i alguns nòduls travertínics.

A la zona S de la platja hi ha un dipòsits travertínics d'una potència no inferior a 20 m. Aquests presenten una disposició gairebé horitzontal i presenten intercalacions llimoses. La seva cronologia és anterior al darrer interglacial, ja que s'han

trobat clastes procedents de travertins a les platges fòssils del Pleistocè superior que hi ha al voltants. I a més, cal remarcar que els dipòsits del Pleistocè superior estan adossats a l'antic paleo-penyassegat que dona a la mar i que està constituït per aquests dipòsits travertínics (Vicens *et al.*, 2014).

Referent als mol·luscs terrestres, Gasull (1963, 1964, 1965, 1969) en cita de trobats a dipòsits quaternaris, emperò no els localitza amb precisió. Els fòssils de mol·luscs terrestres endèmics que cita són *Iberellus companyonii*, *Chondrula gymnesica*, *Tudorella ferruginea*, *Xerocrassa nyeli* i *X. frater*, i la resta no són endèmics, i són aquícoles com *Hydrobia acuta* i *Theodoxus baeticus* o viuen a les voreres de les sèquies i per damunt de les fulles aèries de les plantes aquàtiques com *Succinea pfeifferi*

Per acabar, comentar que Morey (2008a; 2008b) i Morey i Cabanellas (2007-2008) han valorat poc aquest jaciment, doncs possiblement es tracti d'un dels jaciments pleistocens més importants del llevant mallorquí.

#### **Cala Albardans**

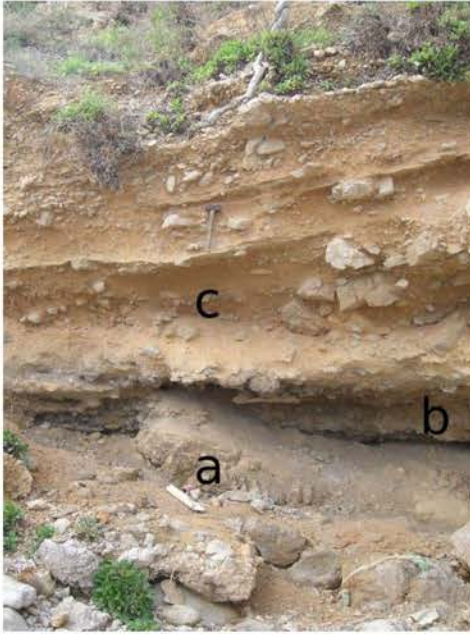
Coordenades: 537450/4388786

El dipòsit discordant del Quaternari es troba per sobre de calcàries mesozoiques. L'estratigrafia és la següent (Fig. 5):

a- Calcàries de Mesozoic.

b- A +1,5 m, arenes amb còdols de platja de mida centimètrica i fòssils marins, d'uns 0,5 m de potència. Aquest nivell està poc cimentat i els fòssils es troben en la majoria dels casos un poc descalcificats. A la col. Vicens-SHNB hi ha els següents tàxons:

*Arca noae*  
*Glycymeris violascens*  
*Spondylus gaederopus*  
*Lima sp.*



**Fig. 5.** Cala Albardans: a- Calcàries del Mesozoic. b- Platja del Pleistocè superior amb fòssils marins. c- Bretxes del Pleistocè superior amb mol·luscs terrestres.

**Fig.5.** Cala Albardans: a- Mesozoic limestones. b- Upper Pleistocene beach rock with marine fossils. c- Breccias of the upper Pleistocene with terrestrial mollusca.

*Ctena decussata*  
*Acanthocardia tuberculata*  
*Semicassis undulata*  
*Trunculariopsis trunculus*  
*Thais haemastoma*  
*Columbella rustica*  
*Buccinum corneum*  
*Conus mediterraneus*

No s'ha trobat cap espècie bioindicadora per la qual cosa fa mal precisar la cronologia dins el Pleistocè superior.

c- Llims vermellosos amb clastes angulosos, d'una potència d'uns 2,5 m. S'hi observen crostes. Aquestes bretxes en realitat són col·luvions. Hi ha els següents

mol·luscs terrestres: *Iberellus companyonii*, *Xerocrassa frater* i *Tudorella ferruginea*. Tots aquests tàxons són endèmics i constituents de la fauna pre-humana de Mallorca.

Per la semblança litològica i paleontològica amb altres dipòsits de Mallorca, probablement aquest nivell té una cronologia posterior al MIS 5a i anterior a l'Holocè. Aquest nivell és molt semblant al nivell e del jaciment de Canyamel N (Fig. 3-C).

### *Cala Roja*

Coordenades: 537480/4388530

El jaciment de Cala Roja és un jaciment molt discret. Està constituït per conglomerats de platja cimentats fins a uns + 2,5 m, entre grans blocs del Triàsic. Els fòssils són escassos, emperò s'ha pogut observar *Semicassis undulata* i *Bivalvia* indet.

### Conclusions

Per primer cop es dona un llistat complet dels nombrosos fòssils trobats als jaciments pleistocens de s'Entrador (Cala Agulla) i d'es Carregador, molts dels quals ja es trobaven catalogats a la col·lecció Cuerda(1)-SHNB. També es dona el llistat de Cala Rajada i Canyamel.

Els jaciments del Pleistocè superior de Cala Mesquida, Son Moll, Sa Pedruscada, n'Aguait, Cala Albardans i Cala Roja eren inèdits fins ara.

S'han trobat tàxons termòfils actualment extints a la Mediterrània, a s'Entrador, Cala Rajada, Son Moll, es Carregador i a Canyamel.

Els dipòsits del Pleistocè superior de Canyamel són dels més interessants del llevant mallorquí, bàsicament per la seva

estratigrafia i pel seu context geològic i geomorfològic.

## Agraïments

A la junta directiva de la SHNB per deixar-me consultar les col·leccions del Museu de la Naturalesa de les Illes Balears - Societat d'Història Natural de les Balears (MNIB-SHNB).

Al Dr. Guillem X. Pons per les suggerències i comentaris que han fet millorar el manuscrit original.

## Bibliografia

- Andrews, J. N., Ginés, A., Pons-Moyà, J., Smart, P. L. i Trias, M. 1989. Noves dades sobre el jaciment paleontològic de la cova de na Barxa (Capdepera, Mallorca). *Endins*, 14-15: 17-25.
- Bate, D. M. A. 1909. Preliminary Note on a New Artiodactyle from Majorca, *Myotragus balearicus*, gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, Decade V / Volume 6 / Issue 09 / September 1909, pp 385-388.
- Bate, D. M. A. 1914. On the Pleistocene Ossiferous Deposits of the Balearic Islands. *Geological Magazine*, Decade VI / Volume 1 / Issue 08 / August 1914, pp 337-345.
- Butzer, W. K. i Cuerda, J. 1962. Nuevos yacimientos marinos de las Baleares. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 67: 25-70.
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Intituto de Estudios Baleáricos de la Diputación Provincial de Baleares. 304 pp. Palma.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". 420 pp. Palma.
- Darder, B. 1925. La tectonique de la région orientale de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Geol. France*, IV sér., 25: 245-278.
- Gasull, Ll. 1963. Algunos moluscos terrestres y de agua dulce de Baleares. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 3-80.
- Gasull, Ll. 1964. Las *Helicella (Xeroplexa)* de Baleares. Gasteropoda pulmonata. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 10: 3-67.
- Gasull, Ll. 1965. Algunos moluscos terrestres y de agua dulce de Baleares. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 11:7-161.
- Gasull, Ll. 1969. Adiciones y rectificaciones a la fauna malacològica terrestre y de agua dulce de Baleares. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 15: 59-73.
- Ginés, J. i Ginés, A. 2011. Les coves turístiques de les Illes Balears: antecedents i estat de la qüestió. *Endins*, 35/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 333-344.
- Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J. J., Gomez-Pujol, L., Gràcia, F., Merino, A., Onac, B.P., Tuccimei, P. i Vicens, D. 2012. Upper Pleistocene deposits and karst features in the littoral landscape of Mallorca Island (Western Mediterranean): a field trip. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. i Fornós, J.J. (Eds.), *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 163-220.
- Goy, J. L., Zazo, C. i Cuerda, J. 1997. Evolución de las áreas margino-litorales de la costa de Mallorca (I. Baleares) durante el último y presente interglacial: nivel del mar holoceno y clima. *Boletín Geológico y Minero*, 108-4: 455-463.
- Haime, J. 1855. Notice sur la géologie de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Géol. France*. 2a serie: 734-752.
- Hermite, H. 1879. *Etudes géologiques sur les îles Baléares*. Tesis. Paris.
- Mateos, R.M. i González Casasnovas, C. (coord.) 2009. *Los caminos del Agua en las Islas Baleares. Acuíferos y manantiales*. Instituto Geológico y Minero de España y Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears, 280 pp.
- 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. His. Nat. Balears*, 51: 227-258.
- Morey, B. i Cabanellas M. 2007-2008. Los yacimientos del Pleistoceno marino mallorquín como puntos de control del litoral (estado en que se encuentran y factores que provocan su destrucción. *Territoris*, 7: 69-86.
- Muntaner, A. 1955. Nota preliminar sobre nuevas localidades de Cuaternario en la isla de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 84-86.
- Muntaner, A. i Cuerda, J. 1956. Hallazgo de un esqueleto de *Myotragus balearicus* en una duna cuaternaria de Capdepera. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 114-115.
- Pomar, L. i Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geol. Hisp.*, 14: 505-514.
- Ramis, D. 2011. La explotación de los recursos animales en el poblado de Canyamel (Capdepera, Mallorca) durante la edad de Bronce. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 133-160.
- Solé-Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Balears et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la Péninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-341.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Delitala, M.C., Ginés, A., Gràcia, F., Fornós, J.J. i Taddeucci, A. 2006. Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50, 1-21.
- Vicens, D. 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. 2010. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a la zona Nord-oriental de Mallorca (Badia de Pollença i Badia d'Alcúdia)*. Memòria d'investigació, 337 pp. UIB. inèdit.
- Vicens, D. 2012. Els jaciments de platja pleistocens entre cap Ferrutx i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 163-173.
- Vicens, D. i Gràcia, F. 1988. Nuevo yacimiento del Pleistoceno superior marino en la playa de "Sa Font Salada" (Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32: 33-46.
- Vicens, D., Fornós, J.J. i Rodríguez-Perea, A. 2014. Acumulaciones tobáceas en las Islas Baleares. Algunos ejemplos de Mallorca. In: González, J.A i González, M.J. *Las tobas en España*. Sociedad Española de Geomorfología, 303-314.
- Vicens, D., Gràcia, F. i Ginés, A. 2012. Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. In: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. i Fornós, J.J. (Eds.), *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 55-84.



# Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (X). Notes florístiques

Pere FRAGA-ARGUIMBAU

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Fraga-Arguimbau, P. 2014. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Mallorca (X). Notes Florístiques. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 161-189. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es donen a conèixer noves dades corològiques i observacions taxonòmiques per a la flora de Menorca referents a 50 tàxons. D'aquests 13 són novetat per a la flora de les Balears: *Agrostis stolonifera* subsp. *gaditana* (Boiss. & Reut.) Valdés & H. Scholz, *Asteriscus pygmaeus* (DC.) Coss. & Durieu, *Callitriche obtusangula* Le Gall, *Dactylis glomerata* subsp. *hackelii* (Asch. & Graebn.) Cif. & Giacom., *Daucus muricatus* (L.) L., *Ehrharta calycina* J.E. Sm., *Eleocharis palustris* subsp. *walterisii* Bures & Danihelka, *Hyoseris lucida* subsp. *taurina* (Martinoli) Peruzzi & Vangelisti, *Malcolmia littorea* (L.) R.Br., *Orobanche cernua* Loefl., *Silene nocturna* subsp. *boullui* (Rouy & Foucaud) Gamisans, *Tolpis barbata* (L.) Gaertn., *Vicia lutea* subsp. *vestita* (Boiss.) Rouy. Altres 14 ho són per la flora de Menorca: *Antirrhinum majus* L., *Catapodium hemipoa* subsp. *occidentale* (Paunero) H. Scholz & S. Scholz, *Chenopodium glaucum* L., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, *Elytrigia scirpea* (C. Presl) Holub., *Epilobium tetragonum* subsp. *tournefortii* (Michalet) Rouy & É.G. Camus, *Erucastrum nasturtiifolium* (Poir.) O.E. Schulz, *Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii* (Koch) Arcang., *Ornithogalum divergens* Boreau, *Orobanche olbiensis* (Coss.) Nyman, *Pistacia x saportae* Burnat, *Scolymus hispanicus* subsp. *hispanicus* L., *Scorpiurus muricatus* subsp. *sulcatus* (L.) Thell., *Trisetaria aurea* (Ten.) Pignatti. Les altres citacions corresponen a tàxons dels que la seva presència a l'illa era poc clara o precisa: *Avena barbata* subsp. *castellana* Romero Zarco, *Blackstonia imperfoliata* (L.f.) Samp., *Diploxys tenuifolia* (L.) DC., *Echium arenarium* Guss., *Geropogon hybridus* (L.) Sch. Bip., *Juncus foliosus* Desf., o d'altres dels que es coneixien poques localitats.

**Paraules clau:** corologia, flora vascular, Menorca, Illes Balears.

NOTES AND CONTRIBUTIONS TO THE FLORA OF MENORCA (X). FLORISTIC RECORDS. New chorological data and taxonomic observations referring to the flora of Menorca are reported for 50 taxa. 13 taxa provide a new record for the flora of the Balearic Islands: *Agrostis stolonifera* subsp. *gaditana* (Boiss. & Reut.) Valdés & H. Scholz, *Asteriscus pygmaeus* (DC.) Coss. & Durieu, *Callitriche obtusangula* Le Gall, *Dactylis glomerata* subsp. *hackelii* (Asch. & Graebn.) Cif. & Giacom., *Daucus muricatus* (L.) L., *Ehrharta calycina* J.E. Sm., *Eleocharis palustris* subsp. *walterisii* Bures & Danihelka, *Hyoseris lucida* subsp. *taurina* (Martinoli) Peruzzi & Vangelisti, *Malcolmia littorea* (L.) R.Br., *Orobanche cernua* Loefl., *Silene nocturna* subsp. *boullui* (Rouy & Foucaud) Gamisans, *Tolpis barbata* (L.) Gaertn., *Vicia lutea* subsp. *vestita* (Boiss.) Rouy. And 14 taxa make a new record for the flora of Menorca: *Antirrhinum majus* L., *Catapodium hemipoa* subsp. *occidentale* (Paunero) H. Scholz & S. Scholz, *Chenopodium glaucum* L., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, *Elytrigia scirpea* (C. Presl) Holub., *Epilobium tetragonum* subsp. *tournefortii* (Michalet) Rouy & É.G. Camus, *Erucastrum nasturtiifolium* (Poir.) O.E. Schulz, *Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii* (Koch) Arcang., *Ornithogalum divergens* Boreau, *Orobanche olbiensis* (Coss.) Nyman, *Pistacia x saportae* Burnat, *Scolymus hispanicus* subsp. *hispanicus* L., *Scorpiurus muricatus* subsp. *sulcatus* (L.) Thell., *Trisetaria aurea* (Ten.) Pignatti. Remaining records are for taxa with an uncertain presence on the

island: *Avena barbata* subsp. *castellana* Romero Zarco, *Blackstonia imperfoliata* (L.f.) Samp., *Diploaxis tenuifolia* (L.) DC., *Echium arenarium* Guss., *Geropogon hybridus* (L.) Sch. Bip., *Juncus foliosus* Desf., or just with a few known localities.

**Keywords:** chorology, new records, vascular flora, Menorca, Balearic Islands.

Pere FRAGA i ARGUIMBAU, Secció de Ciències Naturals, Institut Menorquí d'Estudis, Camí des Castell 28, 07702 Maó. E-mail: pere.fraga@gmail.com

Recepció del manuscrit: 8-gen-14; revisió acceptada: 30-des-14.

## Introducció

Quan es compleixen deu anys de la publicació de l'actualització del Catàleg de la flora vascular de Menorca (Fraga *et al.*, 2004) el coneixement sobre la flora d'aquesta illa se segueix actualitzant. El desenvolupament de tres projectes LIFE Natura pràcticament consecutius (LIFE FLORA 2001-2005, LIFE BASSES 2005-2009 i LIFE+ RENEIX 2009-2014) ha suposat un impuls important a aquesta situació de millora dels coneixements. Qualsevol iniciativa de gestió del medi natural passa, inevitablement, per a un coneixement previ dels diferents elements o components que el formen. Les plantes, especialment la flora vascular, possiblement és un dels components que més ajuden a la gestió de la biodiversitat al ser les que millor poden servir per caracteritzar i avaluar els hàbitats i el paisatge.

És per açò que una part important de les citacions del mig centenar de tàxons que s'inclouen en aquestes notes florístiques són una conseqüència directa o indirecta del desenvolupament de les accions dels projectes LIFE Natura, especialment dels dos darrers (LIFE BASSES i LIFE+ RENEIX).

## Material i mètodes

Com en altres contribucions prèvies al

coneixement de la flora de Menorca i a l'actualització del seu catàleg de flora vascular, les citacions que aquí es recullen responen als següents criteris:

- Novetats florístiques per a la flora de l'illa o de les Balears.
- Confirmació de la presència de tàxons dubtosos o amb citacions anteriors poc precises.
- Tàxons no trobats des de feia temps.
- Ampliació de l'àrea de distribució de tàxons fins ara considerats com a rars o molt rars.

La determinació dels tàxons s'ha fet tant a partir de les observacions fetes en el camp com també de les procedents del material preservat com a testimoni en l'herbari de l'autor. Els resultats d'aquestes observacions s'han contrastat posteriorment amb les informacions proporcionades per les diferents publicacions a les que es fa referència en el text i que queden recollides en l'apartat final de referències citades o bibliografia.

L'estructura i format de la informació per a cada tàxon també segueix els criteris de les contribucions anteriors. Els tàxons estan ordenats alfabèticament. Els noms dels autors s'han abreviat segons el criteri establert per Brummitt i Powell (1992). Per a cada una de les citacions es proporciona la següent informació:

- Nom de la localitat

- Quadrícula UTM amb datum ETRS89. Generalment amb una precisió de 100 m, excepte quan les poblacions ocupen una superfície important. En aquest cas la precisió és d'1 km.
- Altitud
- Hàbitat
- Data de la recol·lecció
- Recol·lectors
- Herbari on roman depositat el material

Els tàxons que són novetat per a la flora de les Balears van precedits per dos asteriscs (\*\*) i els que ho són per a la flora de Menorca per un (\*).

## Resultats i discussió (Catàleg florístic)

**\*\**Agrostis stolonifera* subsp. *gaditana*** (Boiss. & Reut.) Valdés & H. Scholz.

Fornells, Es Mercadal, 31TEE965352, 30 m, roquissars del litoral, sòl calcari arenós, formant part de la comunitat de socarrells, 20-VII-2011, *P. Fraga* (*P. Fraga*, herb. pers.); Sa Falconera, Sa Muntanya Mala, Ciutadella de Menorca, 31TEE824344, 50 m, faldes pedregoses del litoral, sòl silici arenós, vegetació halòfila formada principalment per *Limonium* sp. pl., 02-VII-2012. *P. Fraga* (*P. Fraga*, herb. pers.).

*A. stolonifera* L. presenta una elevada variabilitat morfològica un fet que ha provocat interpretacions taxonòmiques discrepants de les diferents formes. Mentre que alguns autors, principalment del segle XIX i fins a mitjans del segle XX hi reconeixen diferents tàxons (Battandier i Trabut, 1888; Fiori, 1925; Maire, 1953; Quezel i Santa, 1962), a partir del darrer terç del segle passat sembla imposar-se una visió més sintètica al considerar-se com un

sol tàxon (Tutin, 1980; Pignatti, 1982; Bolòs i Vigo, 2001), tot i que alguns especialistes en gramínies hi seguien reconeixent un cert valor en algunes formes (Paunero, 1948; Romero García et al., 1988).

En els darrers anys sembla recuperar-se el criteri de donar valor taxonòmic a les formes amb caràcters qualitius i que a la vegada tenen una certa assignació ecològica (Valdés i Scholz, 2006).

A Menorca *A. stolonifera* L. és una espècie relativament freqüent en ambients humits i com en altres regions pot mostrar una elevada variabilitat en caràcters quantitius com ara la mida de les tiges, de les fulles o de la inflorescència.

En canvi, en aquells més qualitius com l'arquitectura de la inflorescència o la forma i indument de les parts florals és mostra prou constant. Algunes poblacions presenten variacions constants en les parts florals i a la vegada tenen una ecologia ben caracteritzada, es per açò que seguint el criteri d'altres autors (Valdés i Scholz, 2006) s'han determinat com un tàxon diferent de la forma habitual i s'ha cregut convenient deixar constància de la seva presència a l'illa.

*A. stolonifera* subsp. *gaditana* es separa de la subsp. *stolonifera* tant per caràcters morfològics com per l'ecologia. És una planta de dimensions més reduïdes, amb un hàbit de creixement més cespitós, fulles més curtes (3-6 cm) i més rígides, disposades més densament i amb les inflorescències més petites i curtes (5-8 cm). A Menorca també es caracteritza per les tiges postrades, fins i tot les fèrtils, i poc radicants. Pel que fa a l'ecologia, les dues poblacions conegudes fins ara a l'illa es troben en ambients secs formant part de comunitats vegetals del litoral amb un forta influència del mar.

*Alopecurus myosuroides* L.

Prat de Bellavista, Ciutadella de Menorca, 31SEE765202, 5 m, tanques en guaret prop del prat, terres argiloses calcàries, 05-V-2008, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Barranc d'Algendar, Binissaid, Ferreries, 31SEE821221, 5 m, voreres de tanques de dins el barranc, prop del torrent, terres argiloses calcàries, 09-V-2011, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Barranc d'Albranca, Son Carabassa, Es Migjorn Gran, 31SEE855216, 20 m, tanques en guaret del fons del barranc, terres argiloses calcàries, 12-VIII-2011, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Citat per primera vegada de Menorca fa pocs anys (Fraga *et al.*, 2000), aquestes noves localitats semblen indicar que no és una espècie del tot rara a l'illa encara que té unes preferències d'hàbitat prou específiques. Un fet que podria explicar la falta de citacions anteriors. Encara que també passa fàcilment per alt al conviure amb altres gramínies amb un aspecte semblant en la forma de la inflorescència (per exemple *Phalaris* sp. pl.).

*Anthemis cotula* L.

Sa Granja, Maó, 31SFE066174, 10 m, tanques en guaret, sòl silici, 15-VI-2008, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Espècie molt rara a l'illa. Anteriorment havia estat citada només de dues localitats (Benedí i Molero, 1984; Fraga *et al.*, 2000). Com en les anteriors, en aquesta nova localitat la planta també es comporta com a arvense tardana dins terres de cultiu en guaret. Els seu efectius es mostren erràtics d'un any a l'altre, mentre que en alguns arriba a ser abundant, fins i tot dominant, en d'altres apareix només en forma d'uns pocs individus cap als marges de les parcel·les cultivades.

\**Antirrhinum majus* L. subsp. *majus*

Cala Galdana, Ferreries, 31SEE821210,

50 m, penyals i talussos de penya damunt la cala al costat de les parcel·les urbanitzades, substrat calcari, 20-XII-2013, P. Fraga i E. Laguna (P. Fraga, herb. personal).

*A. majus*, coneguda popularment com a boques de dragó, és una de les plantes de jardí més habituals i tradicionals cultivades a l'illa. La tendència a formar poblacions assilvestrades en regions properes està ben documentada (Jeanmonod i Gamisans, 2007; Bacchetta *et al.*, 2009). De les diferents races o grups de varietats cultivades (cultivars), solen ser les antigues, altes i vigoroses, les que mostren una tendència més elevada a la persistència mitjançant llavors que neixen de manera espontània dins els jardins, però rarament tenen tendència a formar poblacions naturalitzades. Aquesta citació seria un dels pocs casos que s'està consolidant fora dels ambients intervinguts per l'home.

\*\**Asteriscus pygmaeus* (DC.) Coss. & Durieu (Fig. 1)

La Mola de Fornells, s'Albufera des Comte, Es Mercadal, 31TEE984347, 30 m, clarianes de la marina baixa de xipell i romaní i formacions dunars del mant eòlic, substrat arenós calcari, 20-V-2010, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Espècie que a primer cop d'ull sembla propera a *A. aquaticus* (L.) Less. amb la qual sovint s'ha confós o ha estat inclosa com un tàxon subespecífic (Wiklund, 1985; Blanca i Cueto, 2007), però que al mateix temps, des del punt de vista taxonòmic s'ha considerat més propera a *A. maritimus* (L.) Less. (Wiklund, 1985).

Les plantes de Menorca presenten els caràcters diagnòstics indicats per diferents autors (Quezel i Santa 1963; Wiklund, 1985; Blanca i Cueto, 2007), però, a més, comparant-la amb les poblacions locals d'*A. aquaticus* s'han pogut observar altres



Fig. 1. *Asteriscus pygmaeus* (DC.) Coss. & Durieu

Caràcter	<i>Asteriscus aquaticus</i>	<i>Asteriscus pygmaeus</i>
Tija principal	Ben desenvolupada, variable, de pocs centímetres a més de 20	Subnul·la o molt curta (plantes acaules o subacaules)
Altura de les plantes	Fins a 35 cm	< 7 cm
Ramificacions	Sovint abundants, per davall de cada capítol	Escasses, una o dues, només per davall del capítol principal
Disposició fulles basals	Esparsa, roseta poc definida, sovint destruïda a l'antesi	Roseta basal ben definida, present a l'antesi
Diàmetre dels capítols	Fins a 20 mm	< 10 mm
Lígules (indument)	Uniformement pubescents a la cara inferior	Només pubescents en els dos nervis
Lígules (longitud)	3,5 – 5,7 mm	2 – 3,7 mm
Flors tubulars (longitud)	2,3 – 3,6 mm	2,5 – 3,6 mm
Aquenís (longitud)	1,8 – 2,8 mm	1,5 – 2 mm

**Taula 1.** Principals caràcters observats a les plantes de Menorca que permeten diferenciar *Asteriscus aquaticus* d'*A. pygmaeus*.

**Table 1.** Main distinctive traits between *Asteriscus aquaticus* and *A. pygmaeus* observed in Menorca

diferències. A la taula 1 es pot veure una relació comparativa d'aquests caràcters.

La presència d'aquesta espècie a l'illa és significativa ja que fins ara la seva àrea de distribució més propera se situava al

nord d'Àfrica i el sud-est de la Península Ibèrica (Wiklund, 1985; Blanca i Cueto, 2007), per tant tindria aquí la seva localitat més septentrional.

A la Mola de Fornells l'espècie ocupa

una àrea relativament extensa que coincideix amb la del mant eòlic que cobreix bona part d'aquesta península (Pons *et al.*, 2013).

*Avena barbata* subsp. *castellana* Romero Zarco

Alzinar d'Alfurí, Alfurí de Dalt, Ciutadella de Menorca, 31TEE831322, 70 m, clarianes herboses dins l'alzinar damunt el sistema dunar i l'arenal, substrat calcari, 16-V-2012, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

En la revisió del grup d'*A. barbata* Pott. ex Link, Romero Zarco (1990) indica la presència a Menorca d'aquest tàxon a partir d'un testimoni d'herbari de Pons Guerau recol·lectat per la zona des Rafal Fort (migjorn de l'illa), però de llavors ençà no s'havia tornat a constatar la seva presència, possiblement per una falta de recol·lecció i per la dificultat d'observació dels caràcters discriminators. Amb aquesta citació queda confirmada la seva presència a l'illa. A Alfurí aquest tàxon creix en ambients naturals dins l'alzinar, uns requeriments ecològics que coincideixen amb els indicats per l'autor de la revisió abans esmentada.

*Blackstonia imperfoliata* (L. f.) Samp.

Prat de Bellavista, Bellavista, Ciutadella de Menorca, 31SEE765202, 5 m, comunitats herbàcies en arenes humides, substrat calcari, 07-VI-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. Pers.).

La presència d'aquest tàxon a Menorca ha estat indicada per diferents autors (Duvigneaud, 1979; Pla *et al.*, 1992; Díaz Lifante, 2012), però no sempre de forma segura i sense arribar a indicar una localitat concreta. En una revisió de la diversitat florística de les zones humides de l'illa s'ha localitzat una població de *Blackstonia* Huds. que presenta les característiques pròpies d'aquest tàxon: fulles caulinars fortament atenuades a la base, pràcticament

no connates, calze amb el tub llarg i segments relativament amples.

En aquesta localitat *B. imperfoliata* conviu amb *B. acuminata* (W.D.J. Koch & Ziz) Domin i *B. perfoliata* (L.) Huds., però és molt menys abundant i els individus són petits (< 20 cm) i d'aspecte més delicat (tiges primes, inflorescències pauciflores) que els altres dos tàxons del gènere. Precisament, el fet que aquests tàxons siguin simpàtrics i el seu port més discret podrien explicar la falta de citacions.

**\*\**Callitriche obtusangula* Le Gall**

Bassa d'Ugell, Es Pla Erm, Ferreries, 31TEE836280, 50 m, terres argiloses silícies inundades estacionalment, 10-II-2009. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

En els ambients aquàtics de l'illa les espècies del gènere *Callitriche* L. solen ser un dels elements florístics més habituals amb un predomini destacat de *C. stagnalis* Scop. Tanmateix, la taxonomia del gènere és complicada pels pocs caràcters útils que tenen la majoria d'espècies. Els treballs recents (Lansdown, 2008; García Murillo, 2010) han suposat un contribució important a la identificació de les espècies.

Fins ara a la flora de l'illa es coneixien quatre espècies: *C. brutia* Petagna, *C. lenisulca* Clavaud, *C. stagnalis* i *C. truncata* subsp. *occidentalis* (Rouy) Schostman.

Durant les feines de catalogació i inventari de les basses temporals de l'illa, es va identificar una cinquena espècie: *C. obtusangula*, en una bassa que fins aquell moment també era desconeguda. En aquesta localitat creix amb altres dues espècies: *C. brutia* i *C. stagnalis*, de les quals es pot separar principalment pels fruits no alats. Fins ara aquesta espècie no es coneixia de Balears, tot i que Lansdown (2008) inclou aquest territori dins la seva àrea de distribució.



És probable que aquesta espècie tenguí una distribució més àmplia a l'illa per la relativa abundància d'ambients semblants i perquè vegetativament és similar al variable *C. stagnalis*, sent necessari l'observació dels caràcters reproductius.

A la bassa d'Ugell *C. obtusangula* era menys abundant que les altres dues espècies del gènere i creixia principalment cap els marges poc profunds de la zona inundada.

*Catapodium balearicum* (Willk.) H. Scholz (Fig. 2)

Alcalfar, Sant Lluís, 31SFE100102, 30 m, vegetació nitròfila i ruderal dels marges de la carretera, sòl calcari, 11-III-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Torralba, Ciutadella de Menorca, 31SEE802233, 60 m, terres primes en tanques en guaret, sòl calcari, 04-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Ses Arenetes, Ciutadella de Menorca, 31SEE771288, 90 m, marges de tanques cultivades, arenas calcàries, 11-IV-2004. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Biniatrum, Ferreries, 31SEE854264, 160 m, terres arenoses silícies amb vegetació herbàcia, 4-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Tàxon de distribució mediterrània descrit de Menorca tant per Rodríguez (1904) sense adscripció específica concreta i també per Willkomm (1890), veure Paunero (1968), que darrerament ha estat reivindicat per diferents autors (Scholz, 2000) com a vàlid i diferenciable de *C. marinum* (L.) C.E. Hubb dins el qual s'havia inclòs. A més dels caràcters indicats per Scholz (2000) i Brullo *et al.* (2003), les observacions fetes a Menorca mostren altres caràcters florals que permeten separar els dos tàxons (Taula 2), alguns d'aquests caràcters ja van ser indicats amb precisió per Paunero (1968).

Pel que fa a la corologia i als hàbitats, els dos tàxons també mostren algunes



Fig. 2. *Catapodium balearicum* (Willk.) H. Scholz

diferències. *C. marinum* és, amb diferència, més abundant i mostra una certa preferència per a sòls estables i poc desenvolupats. En canvi, *C. balearicum* és més comú en ambients alterats i en sòls més fèrtils. Tot fa pensar que a Menorca no és una espècie rara i que una bona part de les poblacions identificades com a *C. marinum* podrien correspondre a aquest tàxon.

\**Catapodium hemipoa* subsp. *occidentale* (Paunero) H. Scholz & S. Scholz

Arenal d'Alfurí, Alfurí de Dalt, Ciutadella de Menorca, 31TEE831322, 70 m, arenals i sistemes dunars estabilitzats, 16-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Algaiarens, Ciutadella de Menorca, 31TE783327, 20 m, arenals i sistemes

dunars estabilitzats, 04-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Platges de Son Saura, Ciutadella de Menorca, 31SEE767197, 10 m, sistemes dunars estabilitzats darrere les platges, 15-V-2012, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Arenal de Sa Cavalleria, Es Mercadal, 31TEE917347, 10 m, sistema dunar estabilitzat, 03-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Arenal de Salairó, Es Mercadal, 31TEE891338, 10 m, sistema dunar estabilitzat, 18-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Un altre tàxon del gènere *Catapodium* que tot i estar ben caracteritzat morfològicament (Paunero, 1968; Brullo i Pavone, 1984; Scholz *et al.*, 2004; Scholz, 2005) sovint s'ha inclòs dins la variabilitat de *C. rigidum* (L.) C.E. Hubb o *C. hemipoa* subsp. *hemipoa* (Delile ex Spreng.) M. Laínz. El seu aspecte és intermediari entre els dos tàxons. Presenta una inflorescència més desenvolupada i ramificada que *C. rigidum*, però menys desenvolupada i amb les ramificacions inferiors més curtes (fins a 20 mm) que a la subsp. *hemipoa* (ca. 40 mm).

A l'illa no sembla ser un tàxon rar, és present a bona part dels arenals i sistemes dunars de la tramuntana i en alguns dels

més importants del sud. Sovint creix amb *C. rigidum* del que es pot diferenciar fàcilment pels caràcters invocats anteriorment i també per d'altres de les espiguetes. En canvi, *C. hemipoa* subsp. *hemipoa* sembla ser molt més rar i només es coneix de l'arenal de Tirant (Fraga *et al.*, 2002).

Amb aquest tàxon i l'anterior el gènere *Catapodium* a Menorca està representat per cinc tàxons, a l'apèndix I s'ha inclòs una clau dicotòmica per a la seva identificació.

\**Chenopodium glaucum* L.

Sa Mesquida, Maó, 31SFE101186, 1 m, a la part més posterior del codolar que hi ha a l'arribada al nucli urbà, 11-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Fins ara no s'havia citat aquesta espècie de Menorca, a les Balears era coneguda de Mallorca (Duvigneaud, 1979). En aquesta localitat s'ha observat la població durant dos anys seguits de manera constant, formada per una vintena d'individus.

\*\**Dactylis glomerata* subsp. *hackelii* (Asch. & Graebn.) Cif. & Giacom.

Entre la platja de Binimel·là i cales Morts de Salairó, al terme d'Es Mercadal,

caràcter	<i>Catapodium marinum</i>	<i>Catapodium balearicum</i>
Inflorescència	Generalment simple, linear	Simple o ramificada a la base
Disposició de les espiguetes	Aplicades al raquis en tota la seva longitud	Divergents del raquis cap a l'àpex
Longitud de les espiguetes	Fins a 6 mm	Fins a 9 mm
Àpex de les glumes	Subobtus o agut	Atenuat o acuminat
Carena de les glumes	Poc marcada, glabre	Marcada i escàbrida
Àpex de les glumel·les	Obtus	Agut
Carena de les glumel·les	Poc marcada i pràcticament glabre	Molt marcada i escàbrida, principalment en la seva mitat superior

**Taula 2.** Comparació dels principals caràcters morfològics que permeten diferenciar *Catapodium marinum* de *C. balearicum* observats a les plantes de Menorca.

**Table 2.** Main distinctive traits between *Catapodium marinum* and *C. balearicum* observed in Menorca.

31TEE895341, 10 m, costers terrossos del litoral, sòl silici, 10-VI-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

La taxonomia del grup de *D. glomerata* L. és encara poc clara i necessita d'estudis que abastin tota la seva extensa àrea de distribució (Amirouche i Misset, 2007). En el cas de Menorca encara resta per saber la possible presència de les races diploides existents a altres illes de l'arxipèlag. Fins ara a l'illa es coneixien les dues races més àmpliament distribuïdes: subsp. *glomerata* L. i subsp. *hispanica* (Roth) Nyman. En els inventaris florístics de zones litorals del nord de l'illa es va detectar una població al nord de l'illa amb les característiques típiques de la subsp. *hackelii* (Lindner i Garcia, 1997; Amirouche i Misset, 2007): ambients halòfils, plantes de poca alçada, glauques, fulles amb papil·les epidèrmiques i inflorescències curtes.

La presència de *Dactylis* en ambients semblants de l'illa, especialment a la costa nord, és freqüent i un estudi més detallat d'aquestes poblacions podria revelar que aquest tàxon no és del tot rar a Menorca.

**\*\**Daucus muricatus* (L.) L.**

Algaiarens, Ciutadella de Menorca, 31TEE788331, 5 m, sòls arenosos cultivats, 19-V-2010. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Unes poques plantes disperses per dins un camp de farratge. Fins ara no es coneixia la presència d'aquesta espècie a les Balears. Podria ser una arribada recent com a contaminant de llavors farratgeres (*Hedysarum coronarium* L. o *Lolium multiflorum* Lam.), tot i que també podria haver passat per alt per la seva semblança amb *Ammi majus* L., especialment amb les formes de fulla profundament dividida d'aquesta espècie. Es considera una espècie distribuïda pel Mediterrani occidental (Pignatti, 1982; Jeanmonod i Gamisans, 2013) i característica dels mateixos

ambients on en creix a l'illa (Pujadas Salvà, 2003). Per tant, aquesta citació entraria dins la seva àrea de distribució natural, encara que el seu caràcter autòcton és incert o bé es podria tractar d'un arqueòfit.

**\**Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler**

Es Banyuls, Ciutadella de Menorca, 31SEE756209, 20 m, marges de camps de farratge amb regadiu, terres calcàries, 03-VIII-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Torre Trencada, Ciutadella de Menorca, 31SEE789265, 110 m, marges de camp de farratge amb regadiu, terres calcàries, 28X-IX-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Camí d'en Kane a l'alçada de Biniac Nou, Alaior, 31SFE010199, 100 m, voreres de camí, sòl calcari, 10-X-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Fins ara a Menorca només es coneixia la presència de *D. sanguinalis* (L.) Scop. com a representant d'aquest gènere. Tanmateix, la presència de *D. ciliaris* era ben possible per la confusió que s'ha fet repetidament per diferents autors entre les dues espècies en el moment de la seva caracterització morfològica (Verloove, 2008; Wilhelm, 2009).

A la vegada, la majoria d'espècies del gènere es veuen afavorides per certes activitats antròpiques, especialment l'agricultura intensiva de regadiu (Juárez-Escario *et al.*, 2013), un fet que està provocant una creixent representació d'espècies al·lòctones del gènere a l'Europa meridional (Verloove, 2008). A les Balears aquesta espècie era coneguda anteriorment de Mallorca (Pla *et al.*, 1992).

A dues de les localitats on s'ha detectat aquesta espècie les condicions ecològiques eren pràcticament idèntiques i creixia amb *D. sanguinalis* i amb altres espècies herbàcies característiques dels camps de cultius estivals amb regadiu: *Amaranthus* sp. pl., *Chenopodium* sp. pl., *Setaria* sp. pl.,

*Chamaesyce* sp. pl., etc. A l'altra, camí d'en Kane, creix en un ambient més sec.

*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.

Camí de Trepucó, Maó, 31SFE081150, 40 m, voreres del camí i tanques properes, sòl calcari, 01-X-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

La presència d'aquesta espècie a l'illa ja havia estat indicada per Pau (1914) en aquesta mateixa localitat a partir d'un material recollit per Font Quer, però no s'havia tornat a citar. Les plantes actuals podrien ser de la mateixa població observada per aquell autor o bé escapades de cultius recents, ja que la planta es cultiva com condiment per a les ensalades. Per altra banda, Agustí Landino Flores en les anotacions d'un testimoni de 1912 d'aquesta mateixa localitat considera que aquestes poblacions provenen de llavors de plantes de s'Hort d'en Murillo, tot i que posteriorment (1946) la recull d'altres localitats sense fer cap observació sobre el seu origen (Fraga en preparació). Tot semblaria indicar que les poblacions de Menorca podrien ser d'origen antròpic, al menys parcialment.

*Echium arenarium* Guss.

Son n'Àngel, Ciutadella de Menorca, 31TEE777320, 90 m, tanques pasturades d'arenas calcàries, 04-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

L'única citació anterior per aquesta espècie a Menorca és un poc incerta ja que apareix en dos dels inventaris florístics de la caracterització fitosociològica feta per Bolòs *et al.* (1970), fins ara tampoc s'han pogut localitzar testimonis d'herbari que recolzin aquesta citació (Sáez comm. pers.). Les característiques de les localitats on es menciona aquesta espècie i l'absència en aquells llistats d'*E. sabulicola* Pomel, fan pensar que els autors es podrien referir a

aquest darrer tàxon. A la localitat on s'ha trobat és relativament freqüent formant part de les comunitats de teròfits i petites herbàcies perennes dels arenals estabilitzats que formen part de l'extens sistema dunar fòssil que s'estén des d'Algaiarens fins Es Tudons. Per tant, podria ser que la seva àrea de distribució a l'illa sigui relativament extensa. El fet que convisqui amb *E. parviflorum* Moench i amb formes poc desenvolupades d'*E. sabulicola* subsp. *sabulicola* dificulta la seva identificació fins que no es fa una observació detallada dels caràcters que ajuden a diferenciar-la (Valdés, 2012): estams no exsertits, inclusos dins la corol·la, calze poc acrescent i indument amb major densitat de pèls curts.

**\*\**Ehrharta calycina* J.E. Sm.**

Algaiarens, Ciutadella de Menorca, 31TEE794331, 5 m, arenas estabilitzades i pasturades del sistema dunar de la platja des Bot, 23-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Gramínia originària d'Àfrica del Sud que en diferents regions del món s'ha introduït principalment per a usos farratgers o per estabilitzar sòls (Frey, 2005; Brown i Bettink, 2009), tot i que també es considera adequada per a l'ús ornamental (Mashau, 2008). La seva presència a Espanya i a Europa és relativament recent (Charpin i Romero Zarco, 1982), i per la bibliografia consultada sembla que encara actualment només es coneix de l'oest de la Península Ibèrica (Domingues de Almeida i Freitas, 2006; Romero *et al.*, 2007). Així, aquesta localitat de Menorca podria ser de les primeres de la Mediterrània Occidental. A Algaiarens aquesta espècie ocupa encara una àrea relativament reduïda (<500 m<sup>2</sup>) tot i que sembla estar en un clar procés d'expansió. No es coneixen les causes de la seva introducció, però a la zona s'observen acumulacions de restes de poda o de

desbrossament de vegetació, tot i que no són recents. Sanz Elorza *et al.* (2004) consideren que la seva introducció a Espanya és involuntària. L'hàbitat on creix, sòls d'arena d'origen dunar semblen els adients per la seva consolidació i comportament invasor (Reid, 1994; Frey, 2005). El potencial invasor es considera molt alt en altres regions amb clima mediterrani (D'Antonio i Vitousek, 1992; Melland i Virtue, 2002) per la seva capacitat de modificar les característiques químiques del sòl.

**\*\**Eleocharis palustris* subsp. *waltersii***  
Bures & Danihelka

Bassa de S'Albaida, Alaior, 31SEE996248, 90 m, bassa temporal en terres argiloses calcàries, 20-VII-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Prat de Ses Canasies, Alaior, 31SEE903189, 2 m, terres argiloses, calcàries i inundades estacionalment a l'hivern, 24-V-2013, P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Bassa Verda, S'Albufera des Comte, Es Mercadal, 31STEE984319, 30 m, bassa temporal en terres argiloses calcàries, 12-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

*E. palustris* (L.) Roem. & Schult. és una de les espècies més habituals en els ambients aquàtics estacionals de Menorca, especialment a les basses temporals mediterrànies (Fraga *et al.*, 2010). Fins ara totes les plantes de l'illa s'havien inclòs dins la subsp. *palustris*. En els inventaris florístics realitzats a les basses temporals de l'illa ja es va detectar la presència de poblacions amb les espigues més laxes i amb un nombre de flors més baix. Observacions posteriors han confirmat que aquestes corresponen a la subsp. *waltersii*, la qual té una distribució semblant a l'anterior (Bureš *et al.*, 2004; Jiménez Mejías i Luceño, 2007), però menys abundant, tot i que la falta de citacions

podria ser per una falta d'observacions o determinacions detallades, ja que aquest tàxon es pot confondre també amb *E. uniglumis* (Link) Schult.

**\**Elytrigia scirpea* (C. Presl) Holub.**

Sant Antoni, Maó, 31SFE117161, 30 m, vegetació herbàcia de torrents de curs d'aigua estacional prop del litoral en sòl silici paleozoic, 08-VI-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Espècie semblant a *E. elongata* (Host) Nevski, però de mida més petita i aspecte més delicat. Fins ara a les Balears només era coneguda d'Eivissa (Jarvie, 1992).

A la localitat de Menorca és relativament abundant al llarg del recorregut del principal torrent que drena la península de Sant Antoni, des de l'alçada del cap Negre fins els Freus. A la mateixa zona, però en ambients més litorals i halòfils hi creix *E. elongata*.

**\**Epilobium tetragonum* subsp. *tournefortii***  
(Michalet) Rouy & É.G. Camus

Barranc de Sant Joan, Maó, 31SFE071169, 5 m, horts i vergers en terres al·luvials profundes i amb humitat permanent, 26-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

A Menorca *E. tetragonum* L. és la espècie més abundant del gènere. Creix en diferents hàbitats que conserven certa humitat edàfica durant l'estiu. Fins ara totes les poblacions s'havien identificat com a subsp. *tetragonum*. En els horts i vergers del barranc de Sant Joan també s'hi ha localitzat la subsp. *tournefortii*. Creixent junts els dos tàxons es poden diferenciar fàcilment per la mida de les flors i també pel seu desenvolupament, la subsp. *tournefortii* té les flors el doble de grosses que la subsp. *tetragonum* i és en el seu conjunt més robusta i vigorosa, recordant un poc l'aspecte d'*E. hirsutum* L.

Anteriorment a les Balears s'havia citat de Mallorca (Sáez *et al.*, 2011).

\**Erucastrum nasturtiifolium* (Poir.) O. E. Schulz

Son Planas, Ciutadella de Menorca, 31TEE790292, 110 m, tanques en guaret en sòl calcari juràssic, 25-IV-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Relativament abundant en la vegetació ruderal nitròfila amb altres crucíferes com *Eruca vesicaria* (L.) Cav., *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Sinapis arvensis* L., *Raphanus raphanistrum* L., etc. Fins ara aquesta espècie no era coneguda de Menorca tot i que sí es coneixia d'altres illes de l'arxipèlag (Gómez Campo, 1993; Stafforini *et al.*, 2001).

*Euphorbia nurae* P. Fraga & Rosselló

Marina de So n'Escuder, Ciutadella de Menorca, 31TEE734337, 70 m, clarianes amb pradells de teròfits en sòl arenós calcari, 10-XI-2010. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Espècie descrita recentment de Menorca (Fraga i Rosselló, 2011) que es distribueix principalment pels pradells de teròfits en sòls arenosos calcaris poc desenvolupats. Aquesta localitat àmplia considerablement la seva àrea distribució, abraçant bona part del litoral insular.

*Exaculum pusillum* (Lam.) Caruel

Bassa des Mal Lloc, Son Toni Martí, Ciutadella de Menorca, 31TEE807280, 110 m, bassa temporal en sòl arenós silici, 07-V-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Bassa des cap Negre, Sant Antoni, Maó, 31SFE114169, 70 m, bassa temporal en sol argilós silici, 15-VI-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Ses Planes de So n'Arro, Ferreries, 31SEE899261, 210 m, terres arenoses silícies inundades estacionalment a l'hivern, 05-I-2009. P.

Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Cap de Favàritx, Capifort, Maó, 31SFE067276, 40 m, terres argiloses silícies inundades a l'hivern, 24-V-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Fins ara aquesta petita gencianàcia de floració tardana (mitjans d'estiu) es considerava com a molt rara (Fraga *et al.*, 2004), però s'ha pogut comprovar que està present a moltes de les basses temporals en terreny silici, especialment aquelles en sòl arenós. La seva floració tardana, quan molta de la vegetació característica d'aquestes basses es troba ja seca, i que la seva identificació en la fase vegetativa sigui difícil, poden explicar el baix nombre de citacions anteriors.

\**Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii* (Koch) Arcang.

Binicalsitx, Ferreries, 31SEE847243, 105 m, terres argiloses calcàries cultivades, 28-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Es Canaló, barranc d'Algendar, Ferreries, 31SEE830260, 70 m, terres argiloses calcàries cultivades, 28-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Son Catlar, Ciutadella de Menorca, 31SEE745229, 20 m, tanques en guaret, sòl argilós calcari, 04-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Fins ara Menorca només estava citada la subsp. *officinalis* L., la qual es abundant arreu de l'illa formant part de la vegetació nitròfila i ruderal de les terres cultivades. La subsp. *wirtgenii* mostra el mateix comportament i a les dues localitats els dos tàxons creixen junts. La discriminació taxonòmica només es pot fer observant els detalls de les flors i dels fruits (Soler, 1983; Lidén, 1986), els quals no sempre són fàcils d'apreciar. De fet, alguns autors (Tison *et al.*, 2014) qüestionen la validesa de la diferenciació subespecífica.

*Geropogon hybridus* (L.) Sch. Bip.

Torrepetxineta, Ciutadella de Menorca, 31SEE812235, 80 m, terres argiloses calcàries en guaret, 07-VI-2012. J. Almagro (P. Fraga, herb. pers.).

A la darrera actualització del Catàleg de la flora vascular de Menorca (Fraga *et al.*, 2004) aquesta espècie es classifica com a citada per error a partir de les informacions proporcionades per altres autors.

L'any 2012 es va rebre una petició d'identificació de plantes fotografiades pel fotògraf José Almagro de Ciutadella, entre elles hi havia aquesta espècie. Després de comunicar-ho al seu autor es va realitzar una visita a la localitat on l'havia vista i es confirmà la seva identificació. La població estava formada per uns 50 individus distribuïts en una superfície d'uns 1.000 m<sup>2</sup>. En els dos anys posteriors s'ha comprovat la persistència d'aquest nucli poblacional tot i que amb fluctuacions importants en els efectius. Segons Sáez i Rosselló (2001) les característiques de les poblacions de Mallorca serien semblants pel que fa al baix nombre d'individus i s'hauria observat una reducció de la seva distribució, motiu pel qual se la inclou en el llibre vermell de la flora vascular de les Illes Balears (Sáez i Rosselló, 2001).

\*\**Hyoseris lucida* subsp. *taurina* (Martinoli) Peruzzi & Vangelisti

Es Pla de Mar, Alforinet, Ciutadella de Menorca, 31TEE826341, 2 m, a la part més posterior del codolar i cap els penyals de Sa Falconera i de l'Anticrist, formacions silícies del Triàsic (Bunsandstein), 16-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

*H. radiata* L. és una de les espècies herbàcies perennes més freqüents arreu de l'illa. Apareix en pràcticament tots els ambients. Des fa temps s'havia observat que algunes poblacions d'ambients litorals presentaven alguns caràcters que les feien

properes a altres espècies perennes del gènere: fulles lleugerament carnoses, lòbuls de les fulles arrodonits i poc dividits, cara superior del nervi principal sense tricomes llargs, peduncles dels capítols engruixits a l'apex en la fructificació. Tanmateix, amb la informació que es disposava sobre les espècies del gènere (Pignatti, 1982; Brullo i Pavone, 1988; Brullo *et al.*, 1990; Brullo *et al.*, 1997) la posició taxonòmica d'aquelles plantes d'ambients litorals no quedava del tot clara atès que mostraven combinacions de caràcters que les situaven dins *H. lucida* L. o *H. taurina* (Pamp.) Martinoli, en funció dels criteris exposats en les diferents publicacions.

L'estudi publicat recentment per Peruzzi i Vangelisti (2010) és més aclaridor al fer una revisió integral del grup d'espècies properes a *H. radiata* i que té en consideració els materials originals de Linné. Els autors conclouen que les espècies tirrèniques *H. frutescens* Brullo & Pavone i *H. taurina* són properes a *H. lucida* i es millor considerar-les com a subespècies d'aquesta, també resten valor a la morfologia dels aquenis, ja prou variables en *H. radiata*. Unes conclusions que coincideixen amb les observacions fetes a les plantes del Pla de Mar i Sa Muntanya Mala que així correspondrien a *H. lucida* subsp. *taurina*, un tàxon tirrènic que ampliaria la seva àrea distribució fins a les Balears. Per altres observacions fetes en diferents punts del litoral de l'illa és molt probable que sigui un tàxon més freqüent del que aquí s'indica al qual correspondrien bona part de les poblacions d'*Hyoseris* d'ambients litorals amb poca alteració antropològica.

*Isoetes longissima* Bory (= *Isoetes velata* A. Br.)

Ses Planes de So n'Arro, So n'Arro, Ferreries, 31SEE899261, 210 m, terres

arenoses silícies inundades a l'hivern, 05-I-2009. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Bassa des Mal Lloc, Son Toni Martí, Ciutadella de Menorca, 31TEE807280, 110 m, bassa temporal en terres arenoses silícies, 07-V-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Si fins ara aquest pteridòfit aquàtic es coneixia de tres localitats (Fraga *et al.*, 2004), amb aquestes citacions l'àrea de distribució s'amplia considerablement cap a ponent. La taxonomia infraespecífica o la relacionada amb altres espècies properes (Romero i Real, 2005; Troia *et al.*, 2014) sembla que encara no està del tot aclarida. Les plantes de Menorca tampoc s'han estudiat amb detall a totes les poblacions per assignar-les a un d'aquests tàxons propers. Sembla haver-hi algunes diferències entre poblacions pel que fa a la mida de la tija i la longitud i consistència de les fulles.

#### *Juncus foliosus* Desf.

Sa Muntanyeta, Ciutadella de Menorca, 31TEE818286, 90 m, terres arenoses silícies parcialment inundades a l'hivern, 11-IV-2007. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

La presència d'aquesta espècie a Menorca ja apareix indicada per Romero Zarco (2010) probablement a partir de testimonis d'herbari recollits en aquesta mateixa localitat. Del grup d'espècies properes a *J. bufonius* és de les més fàcils d'identificar per ser una planta robusta (fins a 40 cm en algunes plantes d'aquesta localitat) de fulles llargues, relativament amples i planes, i les inflorescències profusament ramificades. En els caràcters florals és la longitud de l'antera, més llarga que el filament, el que permet una determinació més segura.

Com sol ser habitual en les plantes d'aquest grup, creix amb altres espècies properes: *J. bufonius* L., *J. hybridus* Brot.,

*J. sorrentinii* Parl., un fet que dificulta la seva determinació. És probable que aquesta espècie es trobi en altres localitats de l'illa amb unes característiques ecològiques semblants.

#### *Juncus subnodulosus* Schrank

Torrent de Carbonell, Es Mercadal, 31TEE969298, 20 m, vegetació higròfila del torrent, principalment allà on el curs d'aigua és més permanent, terres al·luvials amb predomini de materials calcaris, 12-VI-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

De les espècies perennes del gènere *Juncus* aquesta és la més rara, fins ara només es coneixia d'altres tres localitats: Son Bou (Cardona i Rita, 1982), Sa Boval (Rodríguez, 1904) i per la zona de Favàritx (Bolòs *et al.*, 1970). D'aquestes només s'ha pogut confirmar la seva presència a la primera on és relativament abundant. En la localitat que aquí es dona a conèixer és també una espècie relativament abundant en el tram del final del torrent. Conviu amb altres espècies properes: *Juncus articulatus* L. i *Juncus fontanesii* J. Gay ex Laharpe.

#### *Lotus x minoricensis* Conesa, Mus & Rosselló

Marina de Corniola, Ciutadella de Menorca, 31TEE762343, 50 m, comunitat de socarrells i marina baixa de xipell i romaní, prop del litoral, sòl calcari, 25-X-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Marina de So n'Olivaret, Ciutadella de Menorca, 31SEE704210, 10 m, marina baixa de xipell i romaní amb sivines, sòl calcari, 23-II-2009. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Tot i que les formes intermèdies entre *L. fulgurans* (Porta) Sokoloff i *L. dorycnium* L. es coneixien des de fa temps (Cardona *et al.*, 1983), la descripció i tipificació de l'híbrid és prou recent (Conesa *et al.*, 2006). La seva presència en altres localitats





Fig. 3. *Ornithogalum divergens* Boreau

de l'illa és un indicatiu que els processos d'hibridació entre les dues espècies són més comuns del que es pensava fins ara.

\*\**Malcolmia littorea* (L.) R. Br.

Cala Mitjana, Ferreries, 31SEE831209, 3 m, reclots de les dunes amb vegetació herbàcia pionera, 09-V-2011. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

És la primera citació a les Balears d'aquesta crucífera d'ambients arenosos litorals. La seva àrea de distribució és principalment el litoral atlàntic i meridional de la Península Ibèrica, mentre que en el Mediterrani té una distribució més restringida tant en el mateix litoral ibèric, com en el sud de França, nord d'Àfrica i una població disjunta i reduïda a Itàlia (Nogueira, 1993; Del Vecchio *et al.*, 2012). Es considera extingida a Sicília (Del Vecchio *et al.*, 2012). La població de cala

Mitjana està formada per una trentena d'individus que s'ha mantingut constant des de que fou descoberta. En la floració, d'enfora, recorda a plantes poc desenvolupades de *Matthiola sinuata*, aquesta podria ser una de les raons que fins ara no s'hagués detectat la seva presència o bé podria ser una espècie d'arribada recent. Altres autors ja mencionen que podria ser una espècie en expansió (Aizpuru *et al.*, 2010).

*Moraea sisyrinchium* (L.) Ker Gawl.

Prop del Moll de la Trona, Port de Ciutadella, Ciutadella de Menorca, 31TEE706278, 3 m, roquissars calcaris del litoral, 08-IV-2008. F. Martí i P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

És la segona localitat d'aquesta iridàcia a l'illa. Fins ara només era coneguda de la localitat clàssica indicada per Rodríguez

(1904), precisament en un ambient molt semblant del Port de Maó. La població de ponent està formada per uns pocs individus que creixen per dins els cocons i les escletxes de la penya de marès del litoral del port. La seva extrema rarsa a Menorca contrasta amb la seva abundància a les altres illes (Knoche, 1921; Bonafé, 1977).

*\*Ornithogalum divergens* Boreau (Fig. 3)

Plans de Turmadèn (Plans d'Alaior), Alaior, 31SEE948235, 70 m, terres arenoses silícies en cultiu poc intensiu o pasturades, humides o parcialment inundades a l'hivern, 26-III-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Novetat per a la flora de l'illa. La població està formada per més d'un centenar d'individus dispersos per una superfície d'uns 3.000 m<sup>2</sup>. A més a més els exemplars



Fig. 4. *Orobanche cernua* L.

adults en floració i fructificació també es veuen nombroses plantes joves que segurament tenen un origen vegetatiu a partir dels nombrosos bulbets que produeix aquesta espècie al voltant del bulb principal. Precisament aquesta darrera característica juntament amb la longitud del pedicels de les flors i la seva disposició són segons Martínez Azorín *et al.* (2010, 2013) els caràcters que permeten diferenciar-la de espècies properes com *O. bourgaea* Jord. & Fourr. o *O. umbellatum* L. Coincidint també amb els hàbitats on viuen les plantes de Menorca, Martínez Azorín *et al.* (2013) mencionen que es tractaria d'una espècie sinantròpica, probablement arqueòfita en l'àmbit de la flora ibèrica. A la localitat de Menorca, tot i que actualment l'activitat agrícola sembla residual o de caràcter eventual, a les immediacions hi ha restes de construccions antigues que aparentment es dedicaven a un ús artesanal o industrial tradicional.

*\*\*Orobanche cernua* L. (Fig. 4)

Pla dels Anglesos, Salairó, Es Mercadal, 31TEE891342, 5 m, parasitant *Artemisia gallica* en terreny silici argilós i salabros, 02-V-2011. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.). Espècie nova per a la flora del es Illes Balears. A Salairó ocupa una àrea reduïda de aproximadament 1.000 m<sup>2</sup>, així i tot des de que va ser descoberta s'ha comprovat que es relativament constant en el nombre d'individus en floració que habitualment se situa per damunt de 300. Les plantes de Menorca presenten els caràcters morfològics que ajuden a la determinació taxonòmica: inflorescències denses, cilíndriques, corol·les corbades amb la base ventricosa (Pujadas-Salvà i Velasco, 2000; Foley, 2001), tot i que en general són de mida relativament petita (< 15 cm) un fet que podria ser a causa de les condicions extremes en què creixen.

*Orobanche foetida* Poir.

Platja des Bot, Algaiarens, Ciutadella de Menorca, 31TEE789334, 5 m, paràsita damunt *Ononis crispa* L. creixent en el sistema dunar de darrere la platja, 23-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Segona localitat per aquesta espècie a Menorca. Fins ara només era coneguda de la zona entre Sa Mesquida i Es Murtar (Maó) on també parasita una població d'*Ononis crispa* L. en un sistema dunar (Rodríguez, 1904).

La població de la platja des Bot sembla més estable i amb un major nombre d'individus que la de llevant. A aquesta millor situació hi podria contribuir que creix en una zona menys alterada per l'home i en general amb un bon estat de conservació.

*Orobanche iammonensis* Pujadas & P. Fraga

Illa Gran d'Addaia i àrees properes, Es Mercadal, 31TFE032302, 10 m, parasita damunt *Anthemis maritima* L. en una densa població d'aquesta espècie en una vegetació subhalòfila del litoral rocós, calcàries juràsiques. 11-V-2007. Ò. Garcia (P. Fraga, herb. pers.); Binicalaf Nou, Maó, 31SEE995118, 40 m, paràsit damunt *A. maritima* en roquissars del litoral amb vegetació subhalòfila, sòl calcari miocènic, 15-IV-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Espècie descrita recentment de la costa nord-occidental de Menorca (Pujadas i Fraga, 2008) on ocupa una àrea relativament extensa entre cala Morell i el codolar de Biniatram. Aquestes dues noves localitats suposen un increment important de la seva àrea de distribució, en elles les plantes creixen en unes condicions ambientals i ecològiques molt semblants a les de la localitat original, encara que a les dues noves localitats ocupa una superfície

molt més reduïda i amb un menor nombre d'individus, especialment a Binicalaf Nou on en els anys que s'ha visitat no s'han comptat més de 30 plantes en flor.

\**Orobanche olbiensis* (Coss.) Nyman

Platges de Son Saura, Ciutadella de Menorca, 31SEE7620, 3 m, parasita damunt *Helichrysum stoechas* (L.) Moench en els sistemes dunars i arenals de les platges des Banyuls i de Bellavista, 15-V-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Novetat per a la flora de Menorca. A les Balears, anteriorment era coneguda de Mallorca (Pujadas Salvà i Mus, 2009) i d'Eivissa (Sáez *et al.*, 2011). A Menorca creix en els ambients característics indicats per a la majoria de poblacions d'aquesta espècie.

A les platges de Son Saura la població està dividida en dos grups. El de la platja des Banyuls ocupa una superfície d'uns 400 m<sup>2</sup> i s'han fet censos d'uns 200 individus en flor. A la platja de Bellavista s'ha localitzat en diferents punts del sistema dunar i l'arenal que hi ha entre aquesta platja i la cala des Talaier, en total uns 5.000 m<sup>2</sup> i s'han fet estimacions de més 1.000 individus. A les dues zones el nivell d'antropització és relativament baix al trobar-se en àrees on està restringida la circulació de persones per la sensibilitat dels hàbitats dunars a les alteracions.

*Orobanche rumseiana* Pujadas & P. Fraga

Entre la cala de Binidali i Es Canutells, Maó, 31SFE015104, 20 m, marina baixa de romaní i estepes en roquissars del litoral, sòl calcari, 20-V-2010. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Binimel·là, Es Mercadal, 31TEE899344, 10 m, marina baixa de romaní en ambients litoral, sòl calcari, 11-VI-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Llocs Nous, Alaior, 31SEE981129, 40 m, marina baixa amb romaní i sivines del

litoral, terres calcàries, 21-V-2010. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Espècie citada inicialment de Mallorca i Menorca (Pujadas Salvà i Fraga, 2012), però que recentment també s'ha localitzat a Sardenya (Nobis *et al.*, 2014).

Les citacions que es donen a conèixer aquí suposen una ampliació important de l'àrea de distribució a l'illa, que d'aquesta manera es distribueix per bona part de litoral on hi substrats calcaris. A la vegada confirmen les prefe-rències ambientals i ecològiques d'aquesta a espècie pel que fa a Menorca, ja que fins ara no s'ha pogut localitzar en poblacions interiors de romaní, tot i que algunes presenten unes característiques semblants a les del litoral pel que fa al tipus de sòl i la vegetació acompanyant.

Per altra banda, alguns autors (Carlón *et al.*, 2005) consi-deren aquesta espècie com un sinònim d'*O. rosmarina* Beck

#### *Parapholis marginata* Runemark

Macar d'en Tosqueta, S'Albufera des Comte, Es Mercadal, 31TEE993348, 3 m, gespes nitròfiles en sòl argilós calcari, moderadament humit, just darrere el codolar, 20-V-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

De les quatre espècies del gènere *Parapholis* presents a la flora de l'illa aquesta és, amb diferència, la més rara. Fins ara només es coneixia una localitat al ponent de l'illa (Fraga, 1998). En aquesta segona localitat creix en un ambient sensiblement diferent pel sòl més fèrtil i profund que afavoreix una vegetació amb més espècies: *Senecio rodriguezii* Willk ex J.J. Rodr., *Polycarpon colomense* Porta, *Limonium* sp. pl., *Frankenia hirsuta* L., *Bellis annua* L., *Bellium bellidioides* L., etc. També és una població més extensa, amb un major nombre d'individus i més desenvolupats.

#### *Parapholis pycnantha* (Hack.) C. E. Hubb.

Es Pla Erm, Ferreries, 31SEE838280, 50 m, terres argiloses silícies profundes, un poc salabroses i sovint inundades a l'hivern, 10-V-2009. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Plans de Turmadèn (Plans d'Alaior), Alaior, 31SEE948235, 70 m, terres argiloses i arenoses silícies, sovint inundades a l'hivern, 26-III-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Santa Creu de Lloriac, Es Mercadal, 31TEE896319, 20 m, terres argiloses silícies profundes, salabroses i sovint inundades a l'hivern, 28-IV-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Tot i que aquesta espècie va ser citada per primera vegada de Menorca fa poc temps (Fraga i Garcia, 2004) no sembla ser del tot rara, no tan pel nombre de localitats, sinó per l'extensió de les seves poblacions i el nombre d'individus que les formen. Amb aquestes noves citacions es comprova que és una espècie característica de les planes interiors de sòls silícies profunds i salabrosos. En algunes localitats com els Plans de Turmadèn o el Pla Erm (Es Pla Verd) arriba a ser dominant formant gespes pràcticament monoespecífiques. Que no s'hagués citat fins podria ser per una confusió amb *P. filiformis* (Roth) C.E. Hubb amb la que comparteix les preferències d'hàbitat i l'hàbit de creixement, però es pot diferenciar fàcilment per la mida i consistència de l'espiga i especialment per la mida de les anteres.

#### \**Pistacia x saportae* Burnat

Santa Cecília, Ferreries, 31TEE855304, 90 m, vegetació arbustiva esclarissada en terreny argilós silici, 23-II-2012. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Un sol exemplar de més de dos metres d'alçada, profusament ramificat des de la soca –de dimensions considerables– i en bon estat de conservació. La situació de la

planta prop del camí de pujada al castell de Santa Àgueda i l'ús que se n'ha fet d'aquest híbrid com a peu per empeltar-hi el festuc o pistatxer (*P. vera* L.), fan pensar que es podria tractar d'un vestigi d'antic cultius d'aquest arbre fruïter. En altres localitats (Sánchez Gullón *et al.*, 2010) la seva presència també s'ha atribuït a causes naturals, tot i l'absència d'un dels progenitors. Les úniques referències certes que es tenen del cultiu de *P. vera* a Menorca són les de l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria (Salvator, 1891) i de Rodríguez (1904), però també està ben documentat el seu cultiu generalitzat a tot el territori ibèric durant l'època andalusí (Carabaza Bravo *et al.*, 2004) i de l'ús de *P. x saportae* com peu per la seva resistència a les malalties (Werner *et al.*, 2001). A les Balears aquest híbrid fins ara era conegut d'Eivissa (Vericad *et al.*, 2003).

*Rhagadiolus edulis* Gaertn.

Canaló que baixa cap al barranc de Trebalúger, Es Calafat, 31SEE846213, 20 m, voreres de camí i talussos ombrívols dins alzinars, sòl calcari, 04-V-2008. *P. Fraga* (*P. Fraga*, herb. pers.).

És la segona localitat per aquesta composta que a l'illa mostra una clara preferència pels ambients més frescals i ombrívols. Anteriorment es coneixia dels canalons de Son Triay (*Fraga et al.*, 2003). Com en aquella localitat, aquí és localment abundant formant part de les comunitats herbàcies que creixen a l'ombra d'alzinars madurs i ben conservats.

\**Scolymus hispanicus* subsp. *hispanicus* L.

Binissaida, Es Castell, 31SFE117118, 5 m, terres arenoses calcàries prop del litoral dedicades a la pastura de bestiar oví, 06-VI-2012. *P. Fraga* (*P. Fraga*, herb. pers.).

En la revisió del gènere *Scolymus* L. (Vásquez, 2000) s'estableix una

classificació infraespecífica d'*S. hispanicus* L. en funció de la disposició dels capítols en les inflorescències. Dins aquesta classificació, fins ara a Menorca només es coneixia la subsp. *occidentalis* F.M. Vázquez caracteritzada per les inflorescències altes i allargades, poc ramificades i els capítols solitaris o en parells. La subsp. *hispanicus* era coneguda a les Balears de Mallorca (Vásquez, 2000). En un inventari florístic de l'àrea d'influència d'una bassa temporal en el litoral de Binissaida es va detectar la presència de dues formes d'*S. hispanicus* que diferien en: l'arquitectura de la inflorescència, la forma de les fulles basals, el color de les lígules, la coloració de la part basal de les tiges i en les parts alades de les tiges. Després de recollir diferents mostres i observar-les detalladament es va comprovar que una d'elles corresponia a la subsp. *hispanicus*: fulles basals més profundament dividides, capítols reunits en grups de 2 o 3 a l'axil·la de les fulles bracteals, inflorescències més curtes. A més d'aquests caràcters indicats ja per Vásquez (2000), a les plantes de Binissaida també s'observaren el següent: venació blanca més evident, base de les tiges vermellosa, lígules de color més pàl·lid (groc llimona), inflorescències més laxes. Del conjunt de varietats descrites per Vásquez (2000) dins aquesta subespècie les plantes de Binissaida correspondrien a la var. *aggregatus* (Ruch.) Vásquez, la mateixa que l'autor cita a Mallorca.

En altres localitats de l'illa (Binimel·là, Calas Coves, Son Catlar) anteriorment ja s'havia observat una diferència de coloració en les lígules de *S. hispanicus*, havent-hi individus amb lígules groc llimona i d'altres que les tenen groc taronja, però en els altres caràcters no s'havia pogut fer cap diferenciació, tot i que podrien correspondre a les formes intermèdies mencionades per Vásquez (2000). També

s'ha de mencionar que a la zona de Binissaida és una de les poques de l'illa on es possible observar poblacions de *S. hispanicus* que creixen en ambients poc alterats o influenciats per l'home, les que s'han observat en aquesta situació són principalment plantes de les subsp. *hispanicus*. Segons Vázquez (2000) la subsp. *occidentalis* és més d'ambients alterats.

\**Scorpiurus muricatus* subsp. *sulcatus* (L.) Thell.

Bassa Verda, S'Albufera des Comte, Es Mercadal, 31TEE984319, 30 m, al voltant d'una depressió que s'inunda parcialment durant l'hivern, sòl argilós calcari, 12-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

A Menorca *S. muricatus* subsp. *subvillosus* (L.) Thell. és una planta freqüent, ben coneguda i apreciada per la pagesia com un farratge natural. Creix en una elevada diversitat d'hàbitats i per açò realment mostra una elevada variació pel que fa als caràcters vegetatius i al grau de desenvolupament de les plantes. En canvi, els caràcters florals i dels fruits són prou constants. En les feines d'inventari florístic de la Bassa Verda es va detectar la presència de plantes amb els fruits amb un aspecte diferent: la majoria en espiral en un sol pla, costelles amb tubercles curts o pràcticament llises. Una observació detallada va permetre observar que aquestes plantes tenien altres diferències com les dents del calze més curtes que el tub i l'estendard igual o poc més llarg que les ales i la carena. Segons els criteris de Talavera i Domínguez (2000) aquestes plantes correspondrien a *S. sulcatus* L. Tanmateix, la validesa d'aquest tàxon és discutida. Per exemple, Jeanmonod i Gamisans (2007, 2013) i de las Heras i Muñoz Rodríguez (2011) consideren aquests caràcters entren dins la variabilitat



Fig. 5. *Silene nocturna* subsp. *boullui* (Rouy & Foucaud) Gamisans

de *S. muricatus*, d'altres (Tison *et al.*, 2014) el consideren com una subespècie d'aquest darrer, un criteri que també s'ha seguit aquí davant les evidents semblances entre els dos tàxons.

A la localitat de Menorca els dos tàxons creixen junts, tot i que la discriminació entre un i altre és relativament fàcil per la correlació de caràcters esmentats.

\*\**Silene nocturna* subsp. *boullui* (Rouy & Foucaud) Gamisans (Fig. 5)

Alzinar d'Alfurí, Alfurí de Dalt, Ciutadella de Menorca, 31TEE831324, 70 m, comunitats herbàcies a les clarianes de l'alzinar del sistema dunar estabilitzat, substrat calcari, 16-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Algaiarens, Ciutadella

de Menorca, 31TEE7832, 5-30 m, marges dels camps cultivats i en comunitats herbàcies a les clarianes de les formacions boscoses de l'arenal, sòl calcari, 23-IV-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Arenal de Salairó, Es Mercadal, 31TEE891338, 10 m, dunes fixades amb vegetació herbàcia, 18-VI-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Recentment el complex d'espècies de *S. nocturna* L. ha estat objecte de diferents estudis dirigits a clarificar la posició taxonòmica d'alguns tàxons de distribució tirrènica (Peruzzi i Carta, 2013; Bacchetta *et al.*, 2014). Així i tot, sembla evident que és un grup encara per resoldre de manera definitiva en la Mediterrània occidental ja que les descripcions que proporcionen els diferents autors sovint són discordants.

En les feines de caracterització florística de l'arenal d'Alfurí es van identificar dues formes de *S. nocturna* L. Per una banda hi havia la típica, present arreu de l'illa, que es caracteritza per un indument de pèls curts eglandulífers, calzes amb les dents allargades i acuminades i els pètals de color rosat, més amples i amb l'àpex dels lòbuls dentat. L'altra forma és caracteritzada per una pubescència llarga i patent a la base de la tija de pèls glandulífers i eglandulífers, calzes amb les dents amples i curtes i pètals, generalment blancs, estrets i amb l'àpex dels lòbuls sencer. Una observació més detallada de les plantes també va revelar diferències en la mida i micromorfologia de les llavors, més grosses i amb el solc dorsal estret i profund a la primera forma, més petites i amb el solc dorsal ampla i menys profund a la segona. D'acord amb els darrers treballs sobre el grup d'espècies de *S. nocturna* (Peruzzi i Carta, 2013; Peruzzi *et al.*, 2014; Bacchetta *et al.* 2014), les dues formes correspondrien a dos tàxons diferents: *S. nocturna* subsp. *nocturna* (Fig. 6) per les plantes de



Fig. 6. *Silene nocturna* subsp. *nocturna* L.

indument curt i aplicat, dents del calze allargades i llavors amb solc dorsal d'aproximadament 0,1 mm format per una línia de cèl·lules, subsp. *boullui* per les plantes amb indument més patent i llarg, dents del calze amples i llavors amb solc dorsal d'aproximadament 0,2 mm format per dues línies de cèl·lules.

A les plantes de Menorca s'han observat alguns caràcters que no es mencionen en aquells treballs, aquests podrien correspondre a variacions per la situació geogràfica extrema de les plantes de Menorca. Per açò, en un principi aquest tàxon es va identificar com a *S. mutabilis* L. Bacchetta *et al.* (2014) consideren possible la presència de la subsp. *boullui* en el sud-est de França. Per tot açò s'ha cregut convenient fer una relació dels caràcters que permeten diferenciar els dos tàxons a Menorca (Taula 3). Alguns dels caràcters indicats com a diferenciadors per alguns autors (Peruzzi i Carta, 2013; Peruzzi *et al.*,

2014; Bacchetta *et al.* 2014) a les plantes de Menorca mostren un elevada variabilitat i no s'han mostrat útils: nombre de flors per inflorescència, longitud del pedicel inferior en la fructificació, color de les llavors. En qualsevol cas s'ha d'entendre aquesta identificació com a provisional a l'espera que estudis més exhaustius de tot el grup, que abastin tota l'àrea geogràfica aclareixin millor la taxonomia. A les tres localitats la subsp. *boullui* és relativament abundant formant part de les comunitats de teròfits dels sòls d'arena. Destaca l'extensió de la població d'Algaiarens que s'estén per una superfície superior a les 4 ha.

*Suaeda maritima* (L.) Dumort.

Binidonairet, Es Mercadal, 31TEE934323, 2 m, terres argiloses silícies inundades a l'hivern i salabroses, 10-VIII-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.); Cala Galdana, Ciutadella de Menorca, 31SEE822216, 0 m, terres argiloses inundades periòdicament, parcialment cobertes per restes orgàniques marines i d'altres

aportades pel torrent d'Algendar, 19-IX-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Segons el criteri de Pedrol i Castroviejo (1990) al litoral mediterrani del territori de *Flora iberica* només es troba *S. spicata* (Willd.) Moq. que es diferenciaria de *S. maritima* per les inflorescències amb els glomèruls disposats de forma més densa i les peces del periant engruixides. Altres autors que treballen flores mediterrànies (Tison *et al.*, 2014) són del parer que la taxonomia del grup d'espècies de *S. maritima* està per aclarir a falta d'un estudi que abasti la regió mediterrània i consideren que les plantes mediterrànies s'han d'incloure dins *S. maritima*.

Una observació detallada de poblacions de Menorca de *Suaeda* d'aquest grup ha mostrat que segons els criteris de Pedrol i Castroviejo (1990) a l'illa hi hauria els dos tàxons. La majoria de poblacions correspondrien a *S. spicata*, totes elles localitzades en ambients litorals de primera línia de la costa, tant en substrats rocosos com en d'altres més terrosos. En canvi dues

Caràcter	<i>Silene nocturna</i> subsp. <i>nocturna</i>	<i>Silene nocturna</i> subsp. <i>boullui</i>
Indument a la base de la planta	espars, pèls llargs, eglandulífers, de menys de 1,5 mm	dens, pèls llargs, eglandulífers i algun glandulífer, de fins a 2 mm
Mida del calze (flors inferiors)	10-12 mm	8-10 mm
Dents del calze	Allargades, atenuades	Triangulars, no atenuades
Indument del calze	Poc dens, pèls curts (<0,2 mm)	Dens, pèls curts (< 0,2 mm) i llargs (>0,4 mm)
Base del calze	Subtruncada	Atenuada
Forma dels pètals	Profundament bifíds, lòbuls eixamplats i irregularment dentats a l'apex	Profundament bifíds, lòbuls atenuats i sense dents
Carpòfor	< 1 mm	Fins a 1,5 mm
Mida de les llavors	0,7-0,8 mm	0,6-0,7 mm

**Taula 3.** Caràcters morfològics observats a les plantes Menorca que diferencien *Silene nocturna* subsp. *nocturna* de la subsp. *boullui*.

**Table 3.** Main distinctive traits between *Silene nocturna* subsp. *nocturna* and subsp. *boullui* observed in Menorca.



poblacions (Binidonairet i cala Galdana) reuneixen els caràcters típics de *S. maritima*: inflorescències amb bràctees llargues, glomèruls distanciat, peces del periant no engruixides.

**\*\**Tolpis barbata* (L.) Gaertn.**

La Marcona, Ferreries, 31TEE861282, 110 m, sols arenosos silicis frescos, 04-VI-2014. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.)

Els caràcters que permeten discriminar *T. barbata* i *T. umbellata* Bertol. varien segons els autors. Els més coincidents (Battandier i Trabut, 1888; Quézel i Santa, 1963; Talavera, 1987; Blanca, 2011) són el diàmetre dels capitols (25-30 mm a *T. barbata*, 15 mm a *T. umbellata*), la longitud de les bràctees externes (el doble de llargues que les internes a *T. barbata*) i el nombre d'arestes dels aquenis centrals (2-3 a *T. barbata*, 4-5 a *T. umbellata*). En canvi, en altres caràcters no hi ha consens. Battandier i Trabut (1888), Talavera (1987) i Blanca (2011) consideren que *T. barbata* fa les lígules centrals de color fosc i *T. umbellata* té les flors concolores. En canvi, Quézel i Santa (1963) i Jeanmonod i Gamisans (2013), consideren que *T. barbata* també pot fer les flors monocolors. A més, Jeanmonod i Gamisans (2013) mencionen com a caràcters diferenciadors la forma i l'amplada dels aquenis (prismàtics i estrets, 0,2-0,4 mm a *T. umbellata*, aplanats i amples, més de 0,4 mm, a *T. barbata*).

A Menorca fins ara només s'havia citat la presència de *T. umbellata*, una composta relativament freqüent en els sòls silicis de la tramuntana. Tanmateix, en diverses localitats conviuen plantes amb els capitols concolores i discolors. Entre elles s'observen diferències pel que fa la longitud de les bràctees externes i la mida dels capitols. Habitualment les plantes amb les flors

monocolors tenen les bràctees externes més curtes (5-7 mm) i els capitols més petits, mentre que les plantes de flors bicolors tenen les bràctees externes més llargues (8-11 mm) i els capitols lleugerament més grossos, però sense arribar a les diferències que indiquen els autors anteriors. En canvi, a la Marcona s'han localitzat una població amb els capitols bicolors, amples (20 mm), les bràctees externes llargues i incurvades i els aquenis interns majoritàriament amb 2-3 arestes, que serien assimilables a *T. barbata*.

És possible que a l'illa, en ambients semblants hi hagi altres poblacions de *T. barbata*, i que la variabilitat observada arreu de l'illa sigui un conseqüència de processos d'hibridació.

Les plantes de la Marcona creixen en ambients frescos i relativament humits de diferents punts del lloc, sempre en orientació nord.

**\**Trisetaria aurea* (Ten.) Pignatti**

Macar d'en Tosqueta, S'Albufera des Comte, Es Mercadal, 31TEE992348, 5 m, vegetació herbosa i pradells de teròfits en el canaló de darrere la cala i en zones properes, 20-V-2013. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Fins ara aquesta espècie a les Balears era coneguda de Mallorca on sembla que és rara i localitzada (Bolòs i Vigo, 2001) o de distribució mal coneguda (Saéz i Rosselló, 2001). A la localitat de Menorca és localment abundant i com a mínim ocupa una superfície d'uns 10.000 m<sup>2</sup>, tot i que podria ser present en altres punts de la península de la Mola de Fornells.

***Trifolium micranthum* Viv.**

Bassa des Mal Lloc, Son Toni Martí, Ciutadella de Menorca, 31TEE807280, 110 m, als marges de la bassa principal en les

comunitats herboses sobre sòl silici arenós, 02-V-2008. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Segona localitat per aquesta lleguminosa a l'illa, anteriorment era coneguda a la localitat de la Bassa Plana de Binisarmenya (Rodríguez, 1904). En aquesta segona localitat creix principalment pel marge septentrional de la zona inundada on el contacte amb les terres arenoses silícies és més directe i es formen ambients més favorables per a les comunitats de teròfits.

**\*\**Vicia lutea* subsp. *vestita* (Boiss.) Rouy**

S'Albaida, Es Mercadal, 31SEE977254, 120 m, vegetació herbosa pasturada en clarianes de bosc mixt de pins i alzines, sòl calcari, 04-V-2010. P. Fraga (P. Fraga, herb. pers.).

Arreu de l'illa la forma predominant de *V. lutea* L. és la de flors pàl·lides, de vegades tenyides de rosa o porpra i amb les llegums de feblement pubescents (var. *lutea*) a densament cobertes amb un indument de pèls amb la base bulbosa (var. *hirta* (Balb. ex Lam. & DC.) Loisel. ). En aquesta localitat de S'Albaida hi creix també la subsp. *vestita*, ben caracteritzada per les flors d'un porpra intens i els llegums coberts per un indument de pèls llargs (1,5-2,5 mm) que en assecar-se adquireixen una coloració marronosa o vermellova. Segons sembla (Romero Zarco, 1999) aquest tàxon fins ara no era conegut de les Balears. La població de s'Albaida ocupa una àrea reduïda (< 1000 m<sup>2</sup>), tot i que en els darrers quinze anys la població s'ha mantingut relativament constant pel que fa als efectius, entre 50 i 100 individus.

### Agraïments i reconeixements

Una part important de les citacions que s'inclouen en aquest recull són una conseqüència del desenvolupament de dos

projectes LIFE Natura: LIFE BASSES (LIFE05/NAT/ES/000058) i LIFE+ RENEIX (LIFE08NAT/E/00735); els quals han suposat una de les contribucions més importants al coneixement i la gestió de la flora de l'illa.

Altres citacions no haurien estat possible sense la col·laboració de certes persones com José Almagro per *Geropogon*, Francesc Martí per *Moraea*, Òscar Garcia per *Orobanche iammonensis* i Antoni Pujadas per una acurada identificació d'algunes *Orobanche*.

Agrair també a Anne Birchall la revisió del text en anglès.

### Bibliografia

- Aizpuru, I., Tamaio, I., Uribe-Echebarria, P. M., Garmendia, J., Oreja, L., Balentzia, J., Patino, S., Prieto, A., Biurrun, I., Campos, J.A., Garcia, I. i Herrera, M. 2010. *Lista Roja de la Flora Vasculare de la CAPV*. IHOBE. Informe inédito para el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco.
- Amirouche, N., i Misset, M. T. 2007. Morphological variation and distribution of cytotypes in the diploid-tetraploid complex of the genus *Dactylis* L. (Poaceae) from Algeria. *Plant Systematics and Evolution*, 264: 157-174.
- Andrés-Sánchez, S., Martínez-Ortega, M. M., i Rico, E. 2013. Estudio corológico del género *Filago* L. (Asteraceae, Gnaphalieae) en la Península Ibérica y Baleares. *Botanica Complutensis*, 37: 57-78.
- Bacchetta, G., Carta, A., Paradis, G., Piazza, C. i Peruzzi, L. 2014. Further insights into the taxonomy of the *Silene nocturna* species complex (Caryophyllaceae): a systematic survey of the taxa from Sardinia and Corsica. *Phytotaxa*, 175: 37-44.
- Bacchetta, G., Mayoral Garcia Berlanga, O., i Podda, L. 2009. Catálogo de la flora exótica de la Isla de Cerdeña (Italia). *Flora Montiberica*, 41: 35-61.

- Battandier, J. A., i Trabut, L. 1888. *Flore de l'Algérie: ancienne flore d'Alger transformée, contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'à ce jour comme spontanées en Algérie*. Vol. 1. Adolphe Jourdan.
- Benedí, C i Molero, J. 1984. *Anthemideae minoricensis nomnullae*. Fontqueria, 6: 1-4.
- Blanca, G. 2011. *Tolpis* Adans. In: Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Morales Torres, C. i Salazar, C. (Eds.). *Claves de la flora vascular de Andalucía Oriental*: 588. Universidades de Granada, Almería, Jaén y Málaga, Granada.
- Blanca, G. i Cueto, M. 2007. Sobre la nomenclatura de una especie del género *Astericus* Mill. (Asteraceae). *Acta Botanica Malacitana*, 32: 298-300
- Bolos, O., Molinier, R., i Montserrat, P. 1970. Observations phytosociologiques dans l'île de Minorque. *Acta Geobotanica Barcinonensis*, 5: 1-150.
- Bolòs, O. i Vigo, J. 2001. *Flora dels Països Catalans*. Vol. IV. Editorial Barcino.
- Bonafé, F. 1977. *Flora de Mallorca*. Vol. 1. Editorial Moll.
- Brown, K.L. and Bettink, K.A. 2009. Swan Weeds: Management Notes, FloraBase — The Western Australian Flora. Department of Parks and Wildlife. <https://florabase.dpaw.wa.gov.au/weeds/swanweeds/>
- Brullo, S., Giusso, D.G.G., Minissale, P., i Spampinato, G. 2003. Considerazioni tassonomiche sui generi *Catapodium* Link, *Desmazeria* Dumort e *Castellia* Tineo (Poaceae) in Italia. *Inform. Bot. Ital.*, 35: 158-170.
- Brullo, S. Minissale, P., Siracusa G. i Spampinato, G. 1990. Considerazioni fitogeografiche su *Hyoseris taurina* (Pamp.) Martinoli (Asteraceae). *Giornale Botanico Italiano*, 124: 104.
- Brullo, S., Minissale, P., Siracusa, G., i Spampinato, G. 1997. Taxonomic and phytogeographical considerations on *Hyoseris taurina* (Compositae), a S. Tyrrhenian element. *Bocconea*, 5: 707-716.
- Brullo, S. i Pavone, P. 1984. Considerazioni tassonomiche su *Catapodium zwierleinii* (Lojac.) Brullo e sue affinità con *Catapodium rigidum* (L.) C. E. Hubbard. *Giornale Botanico Italiano*, 118: 228.
- Brullo, S. i Pavone, P. 1988. *Hyoseris frutescens*, a new species from Gozo (Malta). *Candollea*, 43: 717-726.
- Bureš, P., Rotreklová, O., Holt, S. D. S., i Pikner, R. 2004. Cytogeographical survey of *Eleocharis* subser. *Eleocharis* in Europe 1: *Eleocharis palustris*. *Folia Geobotanica*, 39: 235-257.
- Carabaza Bravo, J. M., García Sánchez, E., Hernández Bernejo, J. E. i Jiménez, A. 2004. *Arboles y arbustos en Al-Andalus*. Estudios árabes i islámicos. Monografías, 8. CSIC. Madrid.
- Cardona, M. A., Llorens, Ll., i Sierra, E. 1983. Étude biosystématique de *Dorycnium pentaphyllum* Scop. subsp. *fulgurans* (Porta) comb. nova, endémique des Baléares orientales. *Collect. Bot*, 14: 133-150.
- Cardona, M.A. i Rita, J. 1982. Aportació al coneixement de la flora de Menorca. *Folia Botanica Miscellanea*, 3: 35-42.
- Carlón, L., Gómez Casares, G., Lainz, M., Moreno Moral, G., Sánchez Pedraja, Ó. i Schneeweiss, G.M. 2005. Index of Orobanchaceae. <http://www.farmalierganes.com/Otrospdf/publica/Orobanchaceae%20Index.htm>. Liérganes, Cantabria, Spain (accés 15 de desembre de 2014)\*.
- Charpin, A. i Romero Zarco, C. 1982. Presencia de *Ehrharta calycina* Smith en España. *Saussurea*, 13: 187-188.
- Conesa, M. A. i Rosselló, J.A. 2006. *Lotus x minoricensis* (Fabaceae), a new hybrid from the Balearic Islands. *Flora Montiberica*, 34: 25-27.
- D'Antonio, C. M., i Vitousek, P. M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual review of Ecology and Systematics*, 23: 63-87.
- De la Heras, M.A. i Muñoz Rodríguez, A.F. 2011. *Scorpiurus* L. In: Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Morales Torres, C. i Salazar, C. (Eds.). *Claves de la flora vascular de Andalucía Oriental*: 325. Universidades de Granada, Almería, Jaén y Málaga, Granada.

- Del Vecchio, S., Giovi, E., Izzi, C.F., Abbate, G. i Acosta, A.T.R. 2012. *Malcomia littorea*: The isolated Italian population in the European context. *Journal for Nature Conservation*, 20: 357-363.
- Díaz Lifante, Z. 2012. *Blackstonia* Huds. In: Talavera, S., Andrés, C., Arista, M., Fernández Piedra, M.P., Gallego, M.J., Ortiz, P.L., Romero Zarco, C., Salgueiro, F.J., Silvestre, S. i Quintanar, A. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. XI: 93-101. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- Domingues de Almeida, J i Freitas, H. 2006. Exotic naturalized flora of continental Portugal – A reassessment. *Botanica Complutensis*, 30: 117-130.
- Duvigneaud, J. 1979. *Catalogue provisoire de la flora des Baléares. 2ème édition. Société pour l'Échange des Plantes Vasculaires de l'Europe Occidentale et du Bassin Méditerranéen*. Fascicle 17, supp.
- Fiori, A. 1925. *Nuova flora analitica d'Italia*. Vol. 1. Ed. M. Ricci. Firenze
- Foley, M. 2001. *Orobanche* L. In: Paiva, J., Sales, F., Hedge, I.C., Aedo, C., Aldasoro, J.J., Castroviejo, S., Herrero, A. i Velayos, M.(Eds.). *Flora Iberica*. Vol. XIV: 32-72. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Fraga, P. 1998. Notes floristiques de les Illes Balears (XI). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 41: 81-86.
- Fraga, P. i Garcia, Ò. 2004. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (VI). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 47: 143-152.
- Fraga, P., Garcia, O. i Pons, M. 2003. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (V). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 51-66.
- Fraga i Arguimbau, P., Mascaró Pons, J., Cardona Pons, E., Estaún Clarisó, I. i Torres Moll, E. 2010. La flora vascular a les basses temporals de Menorca. In: Fraga i Arguimbau, P., Estaún Clarisó, I. i Cardona Pons, E. (eds.). *Basses temporals mediterrànies. LIFE BASSES: gestió i conservació a Menorca*. Col·lecció Recerca 15: 197-248. Consell Insular de Menorca i Institut Menorquí d'Estudis. Maó
- Fraga i Arguimbau, P., Mascaró Sintes, C., Carreras Martí, D., Garcia Febrero, O., Pallicer Allés, X., Pons Gomila, M., Seoane Barber, M. i Truyol Olives, M. 2004. *Catàleg de la flora vascular de Menorca*. Col·lecció Recerca, 9. Institut Menorquí d'Estudis. Maó
- Fraga, P., Mascaró, C., Carreras, D., Garcia, Ò., Pallicer, X., Pons, M. i Seoane, M. 2007. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (VIII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 50: 58-69.
- Fraga, P., Mascaró, C., Carreras, D., Garcia, O., Pons M. i Truyol, M. 2002. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (III). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 45: 69-79.
- Fraga, P., Mascaró, C., Garcia, O., Pallicer, X., Pons M. i Truyol, M. 2000. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (I). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 43: 63-75.
- Fraga, P. i Rosselló, J.A. 2011. *Euphorbia nurae* P. Fraga & Rosselló (Euphorbiaceae), a new species from Minorca (Balearic Islands). *Candollea*, 66: 181-190.
- Frey, M. 2005. *Ehrharta* spp. Thunb. In: Tu, M. i Martin, T. (Eds.). The Nature Conservancy's Invasive Species Initiative. University of California Davis. <http://tncweeds.ucdavis.edu>
- García Murillo, P. 2010. *Callitriche* L. In: Morales, R., Quintanar, A., Cabezas, F., Pujadasm A.J. & Cirujano, S. (Ed.s). *Flora iberica*. Vol. XII. : 497-513. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid
- Gómez Campo, C. 1993. *Erucastrum* C. Presl. In: Castroviejo, S., Aedo, C., Gómez Campo, C., Laínz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Rico, E., Talavera, S. i Villar, L. (eds.) *Flora iberica*. Vol. IV: 392-398. Real Jardín Botánica, CSIC.
- Jarvie, J.K. 1992. Taxonomy of *Elytrigia* sect. *Caespitosae* and sect. *Junceae* (Gramineae: Triticeae). *Nordic Journal of Botany*, 12: 155-169.
- Jeanmonod, D. i Gamisans, J. 2007. *Flora corsica*. Edisud.

- Jeanmonod, D. i Gamisans, J. 2013. *Flora corsica*. 2a edició. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest. Numéro spécial 39. Société Botanique du Centre Ouest.
- Jiménez Mejías, P. i Luceño, M. 2007. *Eleocharis* R.Br. In: Castroviejo, S., Luceño, M., Galán, A., Jiménez Mejías, P., Cabezas, F. i Medina, L. (eds.). *Flora iberica*. Vol. XVIII: 75-91. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Juárez-Escario, A., Valls, J., Solé-Senan, X. O., i Conesa, J. A. 2013. A plant-traits approach to assessing the success of alien weed species in irrigated Mediterranean orchards. *Annals of Applied Biology*, 162: 200-213.
- Knoche, H. 1921. *Flora balearica*. Vol. 1. Imp. Roumégous et Déhen, Montpellier.
- Landsown, R.V. 2008. *Water-starworts*. Callitriche of Europe. BSBI Handbook No. 11. Botanical Society of the British Isles. London.
- Lidén, M. 1986. Synopsis of Fumarioideae with a monograph of the tribe Fumarieae. *Opera Botanica*, 88: 1-136.
- Lindner, R., i Garcia, A. 1997. Genetic differences between natural populations of diploid and tetraploid *Dactylis glomerata* ssp. *izcoi*. *Grass and Forage Science*, 52: 291-297.
- Maire, R. 1953. *Flore de l'Afrique du Nord*. Vol. 2. Lechevalier, Paris.
- Martínez Azorín, M., Crespo, M.B. i Juan, A. 2010. Taxonomic revision of *Ornithogalum* subg. *Ornithogalum* (Hyacinthaceae) in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. *Plant Systematics and Evolution*, 289: 181-211.
- Martínez Azorín, M., Crespo, M.B. i Juan, A. 2013. *Ornithogalum* L. In: Aedo, C. i Herrero, A. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. XXI. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Mashau, A.C. 2008. *Ehrharta calycina* Sm. South African National Biodiversity Institute (SANBI) Plant Information Website. [www.plantzafrica.com/plantefg/ehrhartacaly.htm](http://www.plantzafrica.com/plantefg/ehrhartacaly.htm)
- Melland, R.L. i Virtue, J.G. 2002. Weed risk assessment of twenty plant species used for revegetation or farm forestry in South Australia. In: Jacob, H.S., Dodd, J. i Moore, J.H. (Eds.). *13th Australian Weeds Conference: weeds "threats now and forever?"*: 51-54. Sheraton Perth Hotel, Perth, Western Australia.
- Nobis, M., Ebel, A.L., Nowak, A., Turginov, O.T., Kupriyanov, A.N., Nobis, A., Olonova, M.V., Paszko, B., Piwowarczyk, R., Chen, W.-L., Gudkova, P.D., Klichowska, E., Nowak, S. i Pujadas-Salvá, A.J. 2014. Contribution to the flora of Asian and European countries: new national and regional vascular plant records, 2. *Acta Botanica Gallica*, 161: 209-221.
- Nogueira, I. 1993. *Malcolmia* R.Br. in W.T. Aiton. In: Castroviejo, S., Aedo, C, Gómez Campo, C, Lainz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Rico, E., Talavera, S. i Villar, L. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. IV: 80-84. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Pau, C. 1914. Sobre algunas plantas menorquinas. *Bull. Inst. Catalana Hist. Nat.*, 14: 135-142.
- Paunero, E. 1948. Las especies españolas del género *Agrostis*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 7: 561- 644.
- Paunero, E. 1968. Notas sobre gramíneas. V. Datos acerca del género *Catapodium*. *Anales del Instituto Botánico "J.A. Cavanilles"*, 25: 207-241.
- Pedrol, J. i Castroviejo, S. 1990. *Suaeda* L. In: Castroviejo, S., Lainz, M., López, G., Montserrat, P., Muñoz-Garmendia, F., Paiva, J. i Villar, L. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. 2: 536- 541. Real Jardín Botánico. Madrid.
- Peruzzi, L. i Carta, A. 2013. A taxonomic review of *Silene nocturna* species complex (Caryophyllaceae) in Italy. *Phytotaxa*, 88: 38-48.
- Peruzzi, L., Jarvis, C.E., Carta, A. 2014. On the applications of the Linnean names *Cucubalus reflexus*, *Silene nocturna* and *Silene mutabilis* (Caryophyllaceae). *Taxon*, 63: 651-652.
- Peruzzi, L., i Vangelisti, R. 2009. Considerazioni tassonomiche su *Hyoseris taurina* (Asteraceae) e sua presenza in Italia centrale. *Annale di Botanica (Roma)*, ser. 2., suppl. 2009: 119-134.
- Pignatti, S. 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole.
- Pla, V., Sastre, B. i Llorens, Ll. 1992.

- Aproximació al catàleg de la flora de les Illes Balears*. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- Pons, G.X., Martín-Prieto, J.Á., Roig-Munar, F.X., Fraga, P., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. i Mir-Gual, M. 2013. Descripción dels mants eòlics de Menorca (Illes Balears) *In*: Pons, G.X., Ginard, A., i Vicens, D. (edits.). *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears: 65-67. Palma de Mallorca.
- Pujadas Salvà, A.J. 2003. *Daucus* L. *In*: Nieto Feliner, G., Jury, S. L. i Herrero, A. (eds.). 2003. *Flora iberica*. Vol. X: 97-125. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- Pujadas-Salvà, A.J. i Fraga i Arguimbau, P. 2008. A new species of *Orobanchae* (Orobanchaceae) from the Balearic Islands. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 158: 722-729.
- Pujadas-Salvà, A. J. i Fraga i Arguimbau, P. 2012. *Orobanche rumseiana* A. Pujadas & P. Fraga (Orobanchaceae), a new species from the Balearic Islands. *Candollea*, 67: 65-74.
- Pujadas Salvà, A. J. i Mus, M. 2009. Presència d'*Orobanche olbiensis* (Coss.) Nyman (Orobanchaceae) a les Illes Balears. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52: 53-58.
- Pujadas-Salvà, A.J. i Velasco, L. 2000. Comparative studies on *Orobanche cernua* L. and *O. cumana* Wallr. (Orobanchaceae) in the Iberian Peninsula. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 134: 513-527.
- Quezel, P. i Santa, S. 1962. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Vol. I. Centre National de la Recherche Scientifique.
- Quezel, P. i Santa, S. 1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Vol. II. Centre National de la Recherche Scientifique.
- Reid, R. 1994. The role of introduced grasses other than *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Phalaris aquatica*, and *Festuca arundinacea* in the pastoral systems of temperate Australia. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 37: 399-404.
- Rodríguez Femenías, 1904. *Flórula de Menorca*. Editorial Fábregas. Maó
- Romero García, A.T., Blanca G. i Morales C. 1988. Revisión del género *Agrostis* L. (Poaceae) en la Península Ibérica. *Ruizia*, 7: 1-160
- Romero, M.I., Hinojo, B. i Lesta, R. 2007. Flora exótica e invasora de los hábitats naturales y seminaturales de Galicia (NO Península Ibérica). *In*: GEIB Grupo Especialista en Invasiones Biológicas (Ed.). *Invasiones biológicas: un factor del cambio global. EEI 2006 actualización de conocimientos*: 133-141. 2º Congreso Nacional sobre invasoras "EEI 2006". GEIB, Serie Técnica N° 1, 280 pp.
- Romero, M. I., i Real, C. 2005. A morphometric study of three closely related taxa in the European *Isoetes velata* complex. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 148: 459-464.
- Romero Zarco, C. 1990. Las avenas del grupo barbata en la Península Ibérica y las Baleares. *Lagascalia*, 16: 243-268.
- Romero Zarco, C. 1999. *Vicia* L. *In*: Talavera, S., Aedo, C., Castroviejo, S., Romero Zarco, C., Sáez, L., Salgueiro, F.J. i Velayos, M. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. 7 (I): 360-417. Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid.
- Romero Zarco, C. 2010. *Juncus* L. *In*: Talavera, S., Gallego, M.J., Romero Zarco, C. i Herrero, A. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. XVII: 123-187. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Sáez, L., Gil, L., Cardona, C., Alomar, G., González, J. M., i Bibiloni, G. 2011. Noves contribucions al coneixement de la flora vascular de les Illes Balears. *Orsis*, 25: 29-53.
- Sáez, LL. i Rosselló, J.A. 2001. *Llibre vermell de la flora vascular de les Illes Balears*. Documents Tècnics de Conservació. Núm. 9. Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. Palma de Mallorca.
- Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E.D. i Sobrino Vesperinas, E. 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid.
- Salvator, L. Erzherzog. 1869-1890. *Die Balearen, geschildert in Wort und Bild*. 7 Teile in 9 Bänden. *Kleine Ausgabe*, 2. Leipzig.

- Sánchez Gullón, E., Fernández-Illescas, F., de las Heras, M.A., Jiménez Nieva, F.J., Rodríguez Rubio, P. i Muñoz Rodríguez, A.F. 2010. Novedades florísticas para el litoral de Huelva y provincia. III. *Lagascalia*, 30: 461-472.
- Scholz, H. 2000. Alte un neue taxa der Gattung *Catapodium* (Gramineae). *Bot. Chronika*, 13: 95-104.
- Scholz, H. 2005. *Catapodium hemipoa* subsp. *occidentale* (Paunero) H. Scholz & S. Scholz. In: Greuter, W. & Raus, Th. (eds.): *Med-Checklist Notulae*, 23. *Willdenowia*, 35: 62.
- Scholz, S., Reyes-Betancourt, J.A., Scholz, H. i Wildpret, W. 2004. Adiciones a la flora vascular de Fuerteventura (Islas Canarias). *Botánica Macaronésica*, 25: 165-174.
- Soler, A. 1982. Revisión de las especies de *Fumaria* de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Lagascalia*, 11: 141-228.
- Stafforini, M., Torres, N., Sáez, L.I. González, J.M., Duñó, J. i Puget, G. 2001. Notes floristiques de les Illes Balears (XIII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 44: 57-66.
- Talavera, S. 1987. *Tolpis* Adans. In: Valdés, B., Talavera, S. i Fernández-Galiano, E. (Eds.). *Flora vascular de Andalucía Occidental*. Vol. 3: 107-108. Ketres Editora, S.A. Barcelona.
- Talavera, S. i Domínguez, E. 2000. *Scorpiurus* L. In: Talavera, S., Aedo, C., Castroviejo, S., Herrero, A., Romero Zarco, C., Salgueiro, F.J. i Velayos, M. (Eds.). *Flora iberica*. Vol. VII (2): 935-942. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Tison, J.-M., Jauzein, P. i Michaud, H. 2014. *Flore de la France méditerranéenne continentale*. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMed), Naturalia Publications.
- Troia, A., Raimondo, F. M., i Campisi, P. 2014. The *Isoetes longissima* complex (Isoetaceae) in Italy: observations on the morphology of spores and leaves, and taxonomic implications. *Phytotaxa*, 174: 149-156.
- Tutin T. G. 1980. *Agrostis* L. In: Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Moore D. M., Valentine D. H., Walters S. M. i Webb D. A. (eds.). *Flora europaea*. Vol. 5: 232-235. Cambridge University Press. Cambridge.
- Valdés, B. 2012. *Echium* L. In: Talavera, S., Andrés, C., Arista, M., Fernández Piedra, M.P., Gallego, M.J., Ortiz, P.L., Romero Zarco, C., Salgueiro, F.J., Silvestre, S. i Quintanar, A. (eds.). *Flora iberica*. Vol. XI: 413-446. Real Jardín Botánico, CSIC.
- Valdés, B. i Scholz, H. 2006. The Euro+Med treatment of Gramineae – a generic synopsis and some new names. *Willdenowia*, 36: 657-669.
- Vázquez, F. M. 2000. The genus *Scolymus* Tourn. ex L. (Asteraceae): taxonomy and distribution. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 58: 83-100.
- Vericad, M., Stafforini, M. i Torres, N. 2003. Notes floristiques de les Illes Balears (XVII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 145-151.
- Verloove, F. 2008. Studies within the genus *Digitaria* Haller (Poaceae, Panicoideae) in southwestern Europe. *Candollea*, 63: 227-233.
- Werner, O., Sánchez-Gómez, P., Guerra, J. i Martínez, J.F. 2001. Identification of *Pistacia* x *saportae* Burnat (Anacardiaceae) by RAPD analysis and morphological characters. *Scientia Horticulturae*, 91: 179-186.
- Wiklund, A. 1985. The genus *Asteriscus* (Asteraceae-Inuleae). *Nordic Journal of Botany*, 5: 299-314.
- Wilhelm, T. 2009. *Digitaria ciliaris* in Europe. *Willdenowia*, 39: 247-259.
- Willkomm, M. 1890. Ueber neue und kritischen Pflanzen der spanisch-portugiesischen und balearischen Flora. *Österreichische Botanische Zeitschrift*, 40: 183-186.





# Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears)

Lluís GÓMEZ-PUJOL

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Gómez-Pujol, L. 2014. Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 191-201. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

El Llevant de Mallorca experimenta un sistema regular i freqüent de brises de mar. L'anàlisi d'una sèrie temporal d'alta resolució d'atributs del vent durant tres mesos d'estiu a Cala Millor (costa oriental de Mallorca) posa de manifest que com a mínim en el 60% dels dies es donen episodis de brisa de mar, amb velocitats mitjanes de 2.09 m/s i intensitats de vent mitjanes de 6.86 m/s. La duració dels cicles de brisa de mar duren de mitjana 12 hores i un dels seus atributs a destacar, és que bufen amb una direcció obliqua a la línia de costa.

**Paraules clau:** brises marines, embat, vents tèrmics, velocitat del vent, Mallorca.

OBSERVATIONS ON SUMMER SEA BREEZE IN EASTERN MALLORCA (Balearic Islands). The coastline of Eastern Mallorca is subjected to a recurrent sea breeze system. Using high resolution wind data collected during three summer months at Cala Millor beach it was found that almost the 60% of the summer days experienced sea breeze events with a average wind speed of 2.09 m/s and average wind gusts of 6.86 m/s. Sea breezes duration attended around 12 hours and a significant feature is that they blow obliquely-onshore.

**Keywords:** sea breeze, embat, thermal winds, winds velocity, Mallorca.

Lluís GÓMEZ-PUJOL, SOCIB, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System. ParcBIT, Ed. Naorte, Ctra. Valldemossa km 7.4, 07121 Palma (Illes Balears). E-mail: lgomez-pujol@socib.cat.

*Recepció del manuscrit: 3-set-14; revisió acceptada: 30-des-14.*

## Introducció

La circulació atmosfèrica, resultat de l'escalfament diferencial de la superfície terrestre i les masses d'aigua, és un dels fenòmens meteorològics mesoescalars més ben estudiats (Arrit, 1987; Hsu 1988; Abss i Physick, 1992; Simpson, 1994). Una de les raons que justifica aquest esforç és que les brises de mar són sistemes relativament estables de cicle diari i persistents a dues terceres parts de les costes del globus terrestre, especialment a les zones tropicals

i subtropicals. Les zones temperades, doncs, i en especial la Mediterrània, no en són un àmbit d'acció aliè (Abbs i Physick, 1992; Hounam, 1945; Jansà i Jaume, 1946; Jehn, 1973; Masselink i Pattiarachi, 2001; Neumann, 1984; Ramis *et al.*, 1990; Redano *et al.*, 1991; Simpson, 1994; Sonu *et al.*, 1973).

La brisa de mar és un vent típic del litoral i es forma quan l'aire que hi ha sobre la costa s'escalfa més ràpidament que el que hi ha sobre el mar. Així, l'aire que hi ha sobre la superfície terrestre s'escalfa abans

i, com que és menys dens tendeix a desplaçar-se en vertical, per la qual cosa el buit que deixa passa ser ocupat per un corrent d'aire de mar cap a costa. En reduir-se la intensitat de la radiació solar, es dona el procés invers i es crea un corrent de terra a mar conegut com a brisa de terra o terral (Comalrena de Sobregreu, 2013; Redaño *et al.*, 1991). Així doncs, un cicle de brisa de mar –canònic– es caracteritza per un canvi en la direcció i intensitat del vent entre el matí i el vespre. Des de la sortida del Sol es produeix un canvi en la direcció i la velocitat del vent tot assolint el màxim de velocitat a mitjan matí. Ja d'horabaixa es genera un canvi en la direcció del vent substancial i una minva en la seva intensitat.

Tot i que habitualment s'ha considerat la brisa de mar com un fenomen estrictament estival, el cert és que estudis recents també posen de manifest que durant els mesos d'hivern, en configuracions atmosfèriques particulars, aquest fenomen també pot arribar a ser important en la dinàmica atmosfèrica de les zones costaneres (Olcina i Azorín-Molina, 2004; Azorín-Molina i Martín-Vide, 2007). Així a l'hivern, a la Mediterrània occidental, els fenòmens de brisa de mar poden donar-se entre el 35 % i el 50% dels dies, mentre que a l'estiu aquesta proporció relativa queda part damunt dels 75% dels dies (Azorín, 2004).

A l'illa de Mallorca les brises de mar reben el nom d'*embat*. Per norma general des de mitjans del mes de maig fins a finals de setembre es pot apreciar a Mallorca un règim de brises de mar, més o menys regular, condicionat per una configuració atmosfèrica en què destaca l'absència d'un gradient de pressió accentuat i el domini de l'anticicló de les illes Açores, juntament amb una baixa de pressió sobre la Península Ibèrica i una circulació de component est generalitzada a tota la conca mediterrània

(Ramis, 1998). El fenomen de l'embat ha estat àmpliament estudiat, tot partint de la fita de les enquestes a pagesos i pescadors de Jansà i Jaume (1946) per tal d'establir el règim de brisa marina i el seu abast espacial. A aquesta publicació seminal han seguit els treballs d'observació i modelització de l'embat i la seva implicació en la generació de meteors (Alomar, 2012; Ramis i Alonso, 1988; Ramis *et al.*, 1990; Ramis i Romero, 1995; Romero i Ramis, 1998) o les aproximacions que, des de la perspectiva de la geografia de la percepció i cultural, han considerat l'embat com un factor de localització d'activitats de lleure (Alomar *et al.*, 2004). També comptam amb treballs que aborden la influència de la brisa marina en la presència d'eixams de grumers (Basterretxea *et al.*, 2005) o la seva contribució en la modelització i propagació de l'onatge al mar Balear (Ponce de León i Orfila, 2013). Altrament, el règim de brises de mar pot jugar un paper important en la dinàmica de les platges durant els períodes d'onatge poc energètic (Masselink i Pattiaratchi, 2001), fins al punt de modificar o matisar les classificacions morfodinàmiques de les platges just fonamentades en la propagació de l'onatge des d'aigües profundes (Gómez-Pujol *et al.*, 2007), o bé activar la formació de cúspides de platja o sistemes de corrents de ressaca (Masselink, 1996).

Així doncs, l'objectiu d'aquest treball persegueix caracteritzar els esdeveniments en què es generen règims d'embat, la seva intensitat i durada a una localitat tipus del Llevant de Mallorca, com a passa prèvia a la caracterització del seu efecte sobre l'onatge i la dinàmica a curt termini de les platges. Aquesta caracterització ha estat possible gràcies al desenvolupament d'un experiment entre els mesos d'abril i octubre de 2004, on s'abordaren els estats de mar associats a la presència de corrents de

ressaca (*rip currents*) a la platja de Cala Millor de cara al disseny d'un model operacional de prevenció del risc a la platja (Álvarez *et al.*, 2009; 2010) i que deixà disponibles dades de velocitat i direcció de vent d'alta resolució d'una estació meteorològica ubicada enfront de la façana marítima de Cala Millor.

## Materials i mètode

### Àrea d'estudi

La badia de Cala Millor, al Llevant de Mallorca, és una endinsada costanera de poc més de 6 km d'amplària i 2,7 km de

fondària que es desenvolupa tot aprofitant el contacte de la unitat fisiogràfica de la Marina de Llevant amb els relleus de les Serres de Llevant. Queda delimitada al nord per l'avançada fins al Cap des Pinar dels relleus juràssics de les muntanyes de Son Jordi i, al sud, pels darrers afloraments de la plataforma fini-miocènica a la Punta de n'Amer (Fig. 1).

Al fons de la badia hi descansen les platges de Cala Millor, de quasi 2 km de longitud i la platja de sa Marjal, de poc més de 500 m. Ambdues platges tanquen per mar unes petites conques, drenades pels torrents de Xiclatí i de Son Jordi. Aquestes conques, cap a terra queden delimitades per



**Fig. 1.** Localització de l'estació meteorològica i principals elements fisiogràfics.

*Fig. 1.* Location of the weather station and main physiographic features.

les formes arrodonides de la Serra de Pula i la Jordana –al NE– i pel conjunt de ses Penyes Rotges-Puig de sa Font i els relleus de ses Talaies a ponent. Al seu peu hi descansa l'àrea arreica de Son Moro, sobre la qual es perllongà bona part del sistema dunar de la Punta de n'Amer, avui per avui quasi bé del tot desmantellat per l'acció antròpica.

### *Selecció de dades i anàlisi*

Per a l'estudi de la brisa de mar a la badia de Cala Millor, s'ha utilitzat la sèrie de dades de direcció i velocitat del vent, amb periodicitat cada 10 minuts de l'estació meteorològica automàtica Aanderaa AWS 2700 que l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB) ubicà a Cala Millor d'abril a octubre de 2004. L'estació meteorològica s'ubicà al terrat de l'antiga caseta de la Guàrdia Civil de Cala Millor, coordenades UTM N533062–E4383466, i les dades estan referides a una alçària de 10 m, l'estació prengué dades de velocitat, intensitat i direcció de vent, temperatura i pressió atmosfèrica en intervals de 10 segons tot i que l'output resultant fou un estadístic per a cada 10 minuts. La sèrie temporal és contínua i no presenta buits ni alertes de control de qualitat de dades per als mesos de juny, juliol i agost, motiu pel qual s'ha ajustat la caracterització de l'embat al període estival.

La sèrie temporal fou sotmesa a un algoritme que seleccionava els dies d'acció de l'embat atenent a dues condicions:

a) Que es donàs un canvi bruscat en la direcció del vent entre el matí i l'horabaixa. Atès que la platja de Cala Millor es diposa de Nord a Sud, es consideraria com a un dia d'embat si la direcció del vent procedia principalment del tercer i quart quadrant entre les 17:00h i les 05:00h i si, per al mateix dia, entre les 5:00h i les 16:00h el

vent procedia principalment del primer i segon quadrant.

b) Que, tot i que la direcció del vent hagués estat, la mateixa tant al matí com al vespre, tot bufant des del primer i segon quadrant, les velocitats i la intensitat del vent durant les hores centrals del dia fossin majors que les de la resta del dia.

Aquests criteris han estat assajats prèviament per Masselink i Pattiaratchi (2007) per a un seguit de localitats de l'Est d' Austràlia i són força similars als definits per Azorín (2004) per a la costa d'Alacant. Altrament, Masselink i Pattiaratchi (2001) posen de manifest que, tot i tractar-se d'uns criteris lleugerament subjectius, el cert és que contrastats amb una exploració dia a dia de les dades, la coincidència en la identificació de dies de brisa marina és d'un 100% per als períodes estivals, però menys exitosa per als períodes hivernals. Una temptativa d'anàlisi d'errors per a la nostra sèrie temporal, aplicada just al mes de juny, resulta exitosa i apunta que el mètode estima a l'alça el nombre d'embats ja que es capturen tots els dies amb activació de brisa marina, de més a més de dos casos en què les condicions no són pròpiament d'embat, el que suposa un error del 6.4%. Així doncs, s'han revisat manualment tots els dies classificats com a dies d'embat i s'han eliminat de la sèrie temporal per als quals els patrons d'activació diürna de velocitat i direccions de vent no eren els que pertocaven a un episodi de brisa de mar.

## **Resultats**

### *Freqüència dels episodis de brisa de mar*

L'aplicació dels criteris d'identificació d'esdeveniments de brisa de mar descrits i la posterior revisió manual per al període comprès entre dia 1 de juny de 2004 i dia

31 d'agost de 2004 aboca 63 dies en què s'ha produït l'embat, el que suposa un 68,5% dels dies del trimestre amb arrencada de brises de mar (Taula 1). És més freqüent el fenomen durant el mes de juny (73,3% dels dies) que no pas durant el juliol i l'agost (67,7% i 64,5% dels dies respectivament), per bé que els embats canònics, classificats estrictament seguint el primer dels criteris descrits al mètode, són més abundants els mesos de juliol i agost.

#### *Evolució diària de la direcció i la velocitat del vent*

La Fig. 2 recull l'evolució dels paràmetres de velocitat mitjana, intensitat màxima dels vents i direcció per a un conjunt de dies seleccionats del període d'estudi. A tots ells, amb alguns matisos, es pot apreciar que la direcció del vent canvia entre les 5:00 i les 6:00h i comença a generar-se una brisa que es pot perllongar fins a les 18:00h o les 20:00h. En aquest sentit val la pena de destacar que el fenomen de la brisa de mar presenta dins dels requisits descrits al mètode una certa variabilitat.

Així doncs, tot i donant-se els preceptius canvis bruscs de direcció de vent i d'increment de velocitat, s'identifiquen episodis o dies de brisa de mar canònics, com el de dia 13.07.2004, amb velocitats màximes de mar cap a terra just a migdia (Fig. 2), i d'altres en què les velocitats més altes es donen abans de les 12:00h, o bé just després del desapar de la brisa marina ben de matí. Com així succeeix els dies 20.07.2004 o 13.08.2004 entre d'altres (Fig. 2).

Finalment, tot i que menys habitual, també es dona el cas de dies en què la brisa de mar no presenta un cicle nítid, sinó que es registren diferents ràfegues de vent de mar cap a terra durant el dia, especialment durant les hores de màxima insolació. Per

exemple, aquest és el cas de dia 10.06.2004 (Fig. 2).

També cal fer esment d'aquells dies en què l'embat es perllonga fins al capvespre, fins i tot coincidint amb la posta de Sol, i això succeeix en els dies especialment càlids com és el cas de l'exemple seleccionat de dia 13.08.2004.

Un altre aspecte a comentar pel que fa a l'evolució temporal de la brisa de mar és que, si bé el dispar suposa un canvi dràstic de direcció, el més habitual en els 63 dies amb brisa de mar per al període d'estudi és que, així com avança el dia, la direcció vagi virant del segon al tercer quadrant, de manera que tendeix a ser més brusc el canvi de direcció de vent al matí que no pas al capvespre. Comparau els dos exemples del mes d'agost presentats a la Fig. 2.

Aquesta variabilitat i matisos d'esdeveniments d'embat no són estranys, almanco pel que fa al seu vessant cultural. De fet, els pescadors i la gent de mar de la zona, empren termes com embat matiner, embat tardà, embat axialocat, embat valent o embat moll o flux entre d'altres per diferenciar els tipus o els matisos de la brisa de mar.

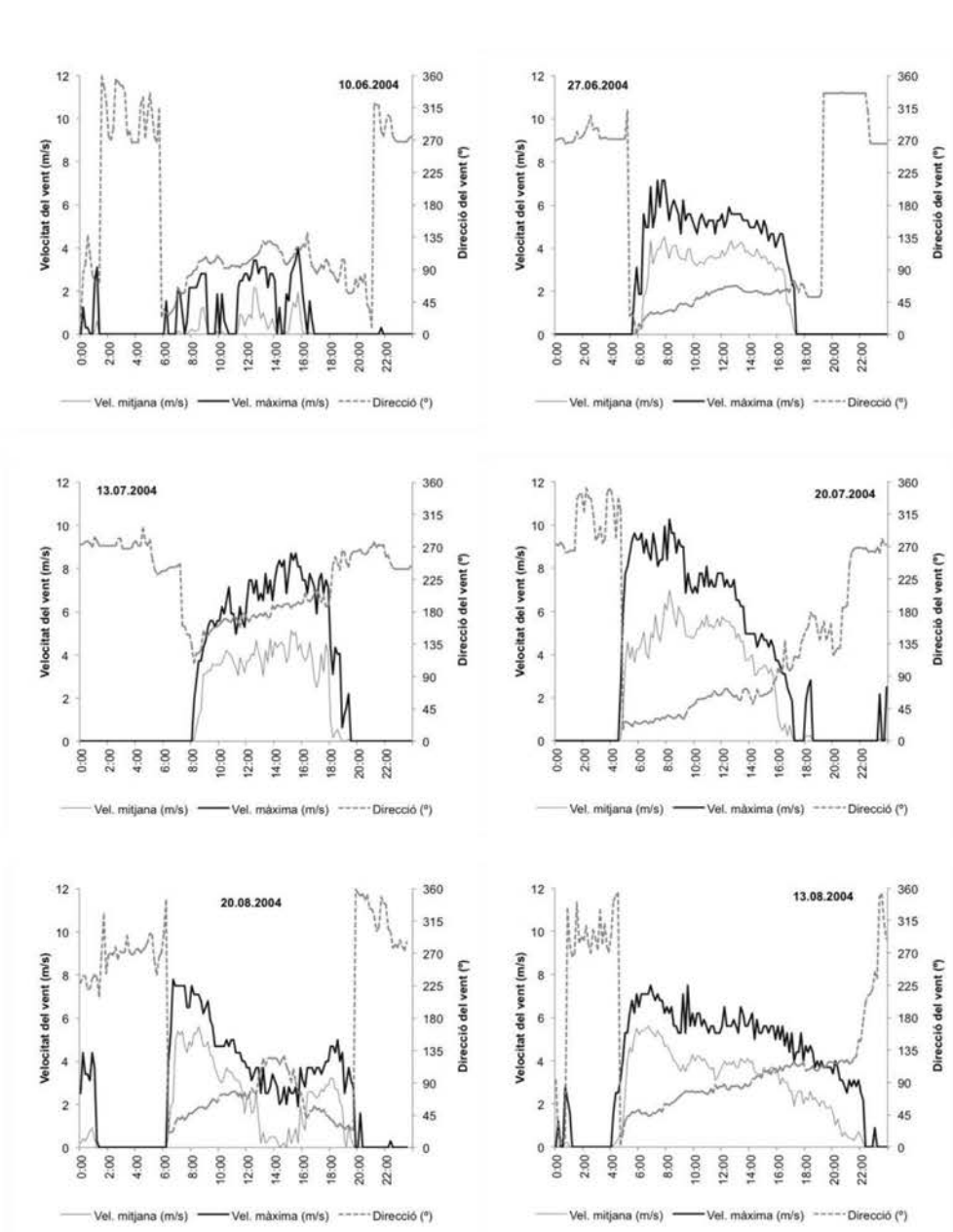
#### *Magnitud i direcció de la brisa de mar*

La distribució de les velocitat mitjanes i màximes de la brisa de mar aboca uns valors modals d'entre 2 a 3 m/s per a l'esdeveniment tipus d'embat (Fig. 3).

Mes	Amb embat	Sense embat
Juny	22 (73,3%)	8 (26,7%)
Juliol	21 (67,7%)	10 (32,3%)
Agost	20 (64,5%)	11 (35,5%)
Total	63 (68,5%)	29 (31,5%)

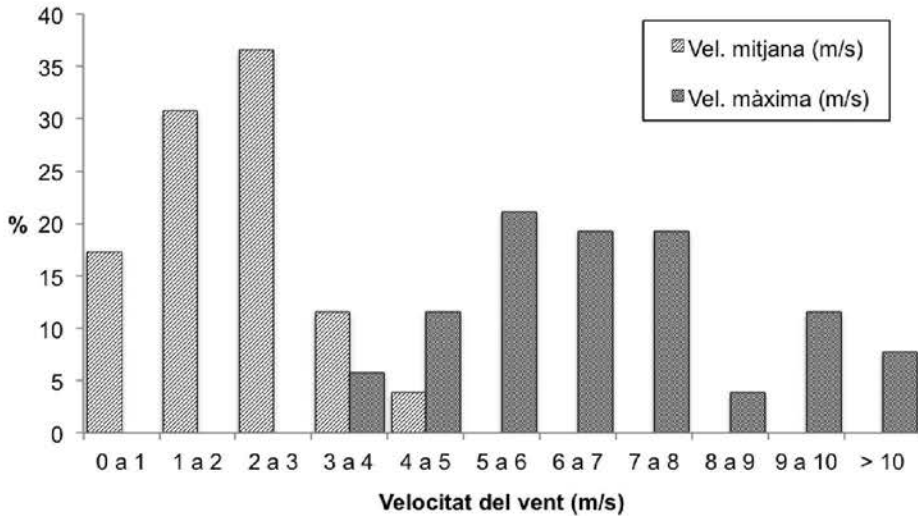
**Taula 1.** Freqüència del dies de brisa marina a Cala Millor (juny-agost 2004)

**Table 1.** Sea breeze day frequency at Cala Millor (june-august 2004).



**Fig. 2.** Alguns exemples d'evolució horària de la velocitat, direcció mitjana i direcció màxima d'episodis de brisa de mar.

**Fig. 2.** Selected time series of sea-breeze mean and maximum wind velocity and wind direction.

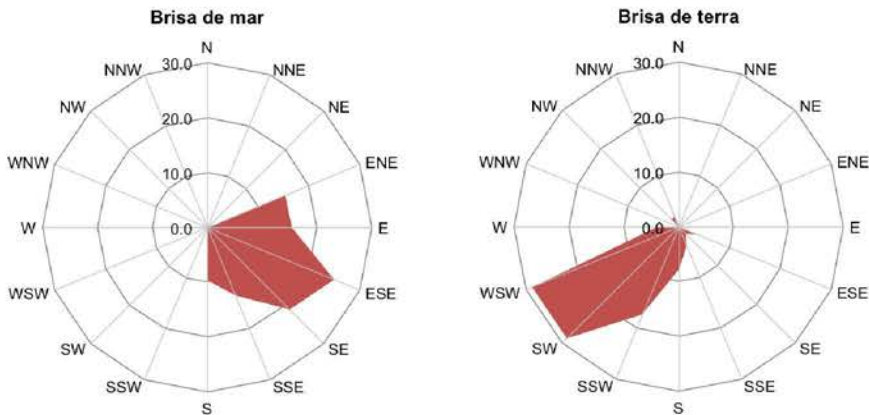


**Fig. 3.** Velocitat mitjana i màxima de la brisa de mar.  
*Fig. 3. Sea-breeze mean velocity and gust.*

Tanmateix, durant els 63 esdeveniments de brisa de mar caracteritzats les velocitats mitjanes han presentat un rang que abraça dels 0,35 m/s als 4,61 m/s. Igualment els valors de velocitat màxima del vent registrats cada dia, apunten a uns fenòmens intensos, ja que els valors diaris màxims

queden en un 60% dels casos entre 5 i 8 m/s; essent les velocitats màximes de vent més baixes de 3,4 m/s i la més alta d'11,5 m/s. (Fig. 3).

Pel que fa a les direccions del vent s'observa un sistema clarament bipolar. Les direccions mitjanes dels esdeveniments



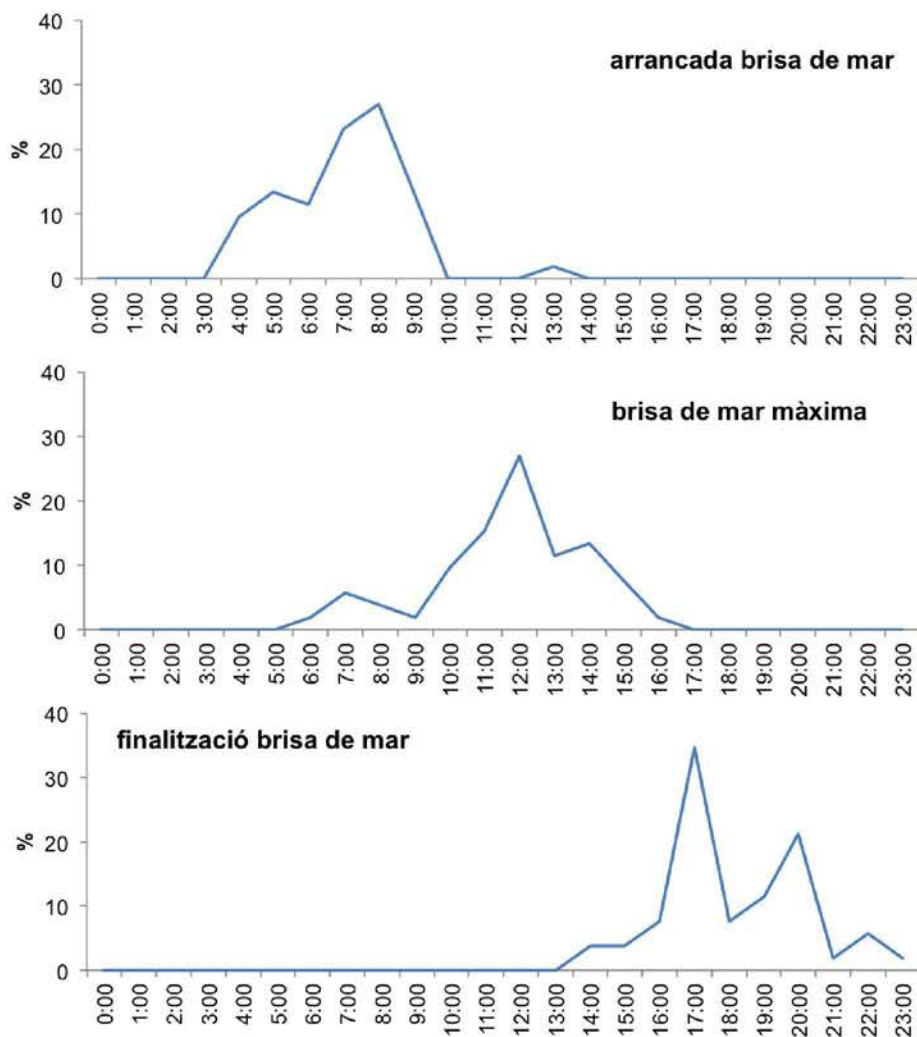
**Fig. 4.** Direccions mitjanes del vent dels episodis de brisa de mar i de la brisa de terra associada.  
*Fig. 4. Sea-breeze events mean wind direction and subsequent land-breeze meand direction.*

d'embat caracteritzats concentren el 60% dels casos entre l'est i el sud-est (Fig. 4); mentre que els episodis de brisa de terra concentren les seves direccions mitjanes en el tercer quadrant, amb el 75% dels casos

procedent del sud-sud-oest i l'oest-nord-oest (Fig. 4).

*Inici, finalització i durada de l'embat*

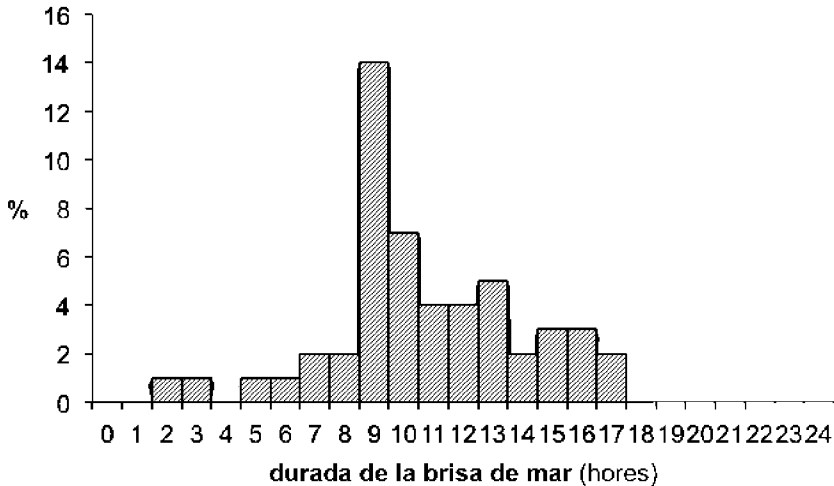
De cada un dels esdeveniments se n'ha



**Fig. 5.** Interval horari d'inici, hora de màxima velocitat i finalització de la brisa de mar.

**Fig. 5.** Time of sea-breeze starting, sea-breeze maximum velocity and end of sea-breeze event.





**Fig. 6.** Durada de la brisa de mar.

*Fig.6.* Sea-breeze duration.

indicat l'hora d'inici, l'hora de finalització i la franja horària en què es dona la màxima velocitat de vent (Fig. 5). Així doncs les brises de mar caracteritzades en un 63% dels casos arrenquen entre les 7 i les 9 h.

Les puntes d'embat solen donar-se entre les 11 i les 13h. De fet, un 53% dels casos estudiats queden inscrits en aquesta franja, mentre que l'embat, en un 50% dels dies finalitza entre les 16 i 18 h (Fig. 3).

Crida l'atenció observar com hi ha un nombre elevat de dies, al voltant del 30%, en què la brisa de mar finalitza ben entrat el capvespre i, fins i tot, ja dins l'agost, coincidint amb la posta de Sol. Aquest retard en la finalització de la brisa de mar, tot sovint, coincideix amb una arrencada més tardana de la brisa de mar i amb unes condicions de temperatura elevada.

Pel que fa a la durada de la brisa de mar, el més habitual és que duri entre 9 i 11 hores. Els dies amb una durada breu esdevenen el mes de juny quan les temperatures encara són moderades, mentre que bona part dels dies amb durades més

llargues coincideixen amb dies de temperatura elevada dels mesos de juliol i agost.

## Discussió i conclusions

En el present estudi es caracteritzen els esdeveniments de brisa de mar estival durant tres mesos –de juny a agost– de 2004. Així doncs els resultats apunten que la brisa de mar al Llevant de Mallorca, – amb Cala Millor com a estació tipus– és un vent molt freqüent, ja que opera entre el 64 i el 73% dels dies de cada mes amb unes velocitats modals entre 2 i 3 m/s, tot i que fàcilment arriben a ràfegues màximes de 7 i 8 m/s i no són marginals els valors al voltant de 10 m/s.

Aquestes característiques no són massa diferents de les descrites per a d'altres localitats del litoral mediterrani de la península Ibèrica. Com tampoc ho són la durada dels esdeveniments o les hores d'arrencada i finalització (i.e. Olcina i Azorín Molina, 2004; Prohom, 1998;

Redaño *et al.*, 1991).

La catalogació d'esdeveniments de brisa marina i les observacions a propòsit de la seva direcció mitjana o de l'evolució de la direcció de l'embat al llarg del dia, també posen sobre la taula alguns aspectes fins ara poc aprofundits. Si bé, el sistema de vents presenta una polarització de la procedència del vent entre l'embat i el terral i que en el moment de l'arrencada és produeix un canvi bruscat de direcció, el cert és que així com evoluciona el dia les direccions de la brisa de mar es desplacen cap al tercer quadrant. Això fa que els estadístics descriptius apuntin cap a una procedència "axalocada" de l'embat a Cala Millor, quan la disposició N-S de la platja i els mapes de Jansà i Jaume (1946), suggereixen un flux normal a costa. No debades, Alomar *et al.* (2004) ja havien apuntat quelcom similar per a l'estació de Portocolom, també al Llevant de l'Illa i en altres indrets de la Mediterrània, fins i tot s'apunta a circulació d'embats paral·lels a costa (Martín-Vide *et al.*, 1992).

Pel que fa a les direccions del terral, en el cas estudiat hi ha una component marcadament local com és l'efecte dels relleus del puig de sa Font, que fan de barrera als vents del primer quadrant i que afavoreixen l'efecte dels que agranen la plana de Son Moro cap a mar.

## Agraïments

L'autor vol agrair al Departament de Tecnologies Marines, Oceanografia Operacional i Sostenibilitat de l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB) per posar a la nostra disposició les sèries temporals de l'estació meteorològica de Cala Millor.

## Bibliografia

- Abbs, D.J. i Physick, W.L. 1992. Sea-breeze observations and modelling: A review. *Australian Meteorological Magazine*, 41: 9-19.
- Alomar, G. 2012. *Geografia de la brisa marina a Mallorca. Anàlisi espacial de la seva influència en les precipitacions d'estiu i la seva participació com a factor de localització*. Tesi Doctoral inèdita. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.
- Alomar, G., Grimalt, M. i Laita, M. 2004. La percepció geogràfica del règimen de brises en Mallorca. De la experiència directa a los datos instrumentales. In: García, J.C., Diego, C., Fdez. de Arróyabe, P., Garmendia, C. y Rasilla, D. (eds.), *El Clima entre el mar y la montaña*: 551-559. Santander, Universidad de Cantabria.
- Alvarez-Ellacuria, A., Orfila, A., Gómez-Pujol, L., Olabarrieta, M., Medina, R. i Tintoré, J. 2009. An alert system for beach hazard management in the Balearic Islands. *Coastal Management*, 37: 569-584.
- Alvarez-Ellacuria, A., Orfila, A., Vizoso, G., Medina, R. i Tintoré, J. 2010. A nearshore wave and current operational forecasting system. *Journal of Coastal Research*, 26: 503-509.
- Arritt, R.W. 1987. The effect of water surface temperature on lake breezes and thermal internal boundary layers. *Boundary-Layer Meteorology*, 40: 101-125.
- Azorín-Molina, C. 2004. Estimación de la ocurrencia de la brisa en Alicante. In: García, J.C., Diego, C., Fdez. de Arróyabe, P., Garmendia, C. y Rasilla, D. (eds.), *El Clima entre el mar y la montaña*: 19-30. Santander, Universidad de Cantabria.
- Azorín-Molina, C. i Martín-Vide, J. 2007. Methodological approach to the study of the daily persistence of the sea breeze in Alicante (Spain). *Atmosfera*, 20: 57-81.
- Basterretxea, G., Garcés, A., Jordi, A., Masó, M. i Tintoré, J. 2005. Breeze conditions as a favoring mechanism of *Alexandrium taylori* blooms at a Mediterranean beach. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 62: 1-12.

- Comalrena de Sobregrau, J. 2013. Comportamiento del viento local diurno en la Cuenca del Río Llobregat. *Investigaciones Geográficas*, 38: 267-289.
- Gómez-Pujol, L., Orfila, A., Cañellas, B., Álvarez-Ellacuría, Méndez, F.J., Medina, R. i Tintoré, J. 2007. Morphodynamic classification of sandy beaches in low energetic marine environment. *Marine Geology*, 242: 235-246.
- Houman, C.E. 1945. The sea breeze at Perth. *Weather Development Research Bulletin*, 3: 20-55.
- Hsu, S.A. 1998. *Coastal Meteorology*. Noya York. Academic Press. 260 pp.
- Jansà, J.M. i Jaume, E. 1946. El règimen de brisas en la isla de Mallorca. *Revista de Geofísica*, 19: 304-328.
- Jehn, K.H. 1973. *A Sea-Breeze Bibliography, 1664-1972*. Report No. 33. Atmospheric Science Group, College of Engineering. The University of Texas, Austin, Texas.
- Martín-Vide, J. 1992. El Clima. In: Carreras, C. (dir.). *Geografia General dels Països Catalans*: 1-110. Barcelona, Enciclopèdia Catalana.
- Masselink, G. 1996. Sea breeze activity and its effect on coastal processes near Perth, Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 79: 199-205.
- Masselink, G. i Pattiaratchi, C.B. 2001. Characteristics of the Sea Breeze System in Perth, Western Australia, and its effect in nearshore wave climate. *Journal of Coastal Research*, 17: 173-187.
- Neuman, J. 1984. The Coriolis force in relation to sea and land breezes – a historical note. *Bulletin of American Meteorological Society*, 65: 24-26.
- Olcina, J. i Azorín-Molina, C. 2004. The meteorological importance of sea-breezes in the Levant region of Spain. *Weather*, 59: 282-286.
- Ponce de León, S. i Orfila, A. 2013. Numerical study of the marine breeze around Mallorca Island. *Applied Ocean Research*, 40: 26-34.
- Prohom, M.J. 1998. Principales características de la brisa marina estival en un punto de la costa catalana: Sant Pere Pescador. In: A.A.V.V. *VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos de Información Geográfica y Teledetección*: 16-179. Barcelona, AGE.
- Ramis, C. 1998. L'embat a l'illa de Mallorca. *Territoris*, 1: 253-274.
- Ramis, C. i Alonso, S. 1988. Sea-breeze convergence line in Majorca. A satellite observation. *Weather*, 43: 288-293.
- Ramis, C. i Romero, R. 1995. A first numerical simulation of the development and structure of the sea breeze on the island of Mallorca. *Annals of Geophysics*, 13: 981-994.
- Ramis, C., Jansà, A. i Alonso, S. 1990. Sea Breeze in Mallorca. A numerical study. *Meteorological Atmospheric Physics*, 42: 249-258.
- Redano, A., Cruz, J. i Lorente, J. 1991. Main features of the sea breeze in Barcelona. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 46: 176-179.
- Romero, R. i Ramis, C. 1996. A numerical study of the transport and diffusion of coastal pollutants during the breeze cycle in the island of Mallorca. *Annals of Geophysics*, 13: 981-994.
- Simpson, J.E. 1994. *Sea Breeze and Local Wind*. Cambridge, Cambridge University Press. 234 pp.
- Sonu, C.J., Murray, S.P., Hsu, S.A., Suhayda, J.N. i Waddell, E. 1973. Sea breeze and coastal processes. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union*, 54: 820-833.



# Assaig de quantificació de la pèrdua del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) degut als incendis forestals: exemple pilot de la Serra de Tramuntana (Mallorca, Illes Balears)

Pau BALAGUER, Yacob GALÁN i Rafael SARDÁ

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Balaguer, P., Galán, Y. i Sardá, R. 2014. Assaig de quantificació de la pèrdua del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) degut als incendis forestals: exemple pilot de la Serra de Tramuntana (Mallorca, Illes Balears) Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 57: 203-225. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

El treball que es desenvolupa a continuació pretén donar una primera aproximació de la pèrdua del “valor natural” per incendis forestals dins del període comprès entre 2006 i 2013 a l'àmbit de la Serra de Tramuntana de l'illa de Mallorca (Mediterrània Occidental). El “valor natural” s'ha calculat d'acord amb l'adaptació del mètode de Transferència de Valor (Valoració dels Serveis dels Ecosistemes, VSE) als usos del sòl de l'àmbit de la Serra de Tramuntana mitjançant l'ús de Sistemes d'Informació Geogràfiques (SIGs). Els incendis forestals, malgrat formar part de l'evolució implícita dels ecosistemes mediterranis són una de les pitjors amenaces quan la freqüència d'aquests s'accentua i, a més a més, no són d'origen natural (en la majoria dels casos induïts per accions i imprudències d'origen humà). La forta repercussió mediàtica dels incendis sobre algunes àrees d'interès (tant naturals com urbanes) i la importància (extensió afectada, cobertura mediàtica i desplegament de mitjans) de l'incendi de l'estiu del 2013 que afectà el SW de la Serra de Tramuntana ha motivat la necessitat de realitzar un assaig de quantificació de la pèrdua econòmica del valor natural degut a incendis forestals. D'acord amb l'exposat, aquest estudi pretén donar una idea del potencial de pèrdua i recuperació dels valors naturals dels hàbitats/ecosistemes en termes monetaris (€) entesos pel públic en general.

**Paraules clau:** Valoració dels Serveis dels Ecosistem, VSE, Incendis Forestals, Gestió Ambiental, Serra de Tramuntana..

TESTING THE CHANGE OF THE VALUE OF ECOSYSTEM SERVICE VALUE (ESV) DUE TO FOREST FIRES: PILOT EXAMPLE OF SERRA DE TRAMUNTANA (MALLORCA, BALEARIC ISLANDS). The paper developed below is intended to give a first approximation of the loss of “natural value” due to forest fires during the period between 2006 and 2013 in the area of Serra de Tramuntana in the island of Mallorca (Spain, Western Mediterranean). The “natural value” has been calculated according to the adaptation of the method of *Ecosystem Service Value (ESV)* with the land uses of the area of study (*Serra de Tramuntana*) using Geographic Information Systems (GIS). Forest fires, despite being a part of the implicit evolution of mediterranean ecosystems are one of the worst threats when its frequency increases and when they don't have a natural origin (major part of them are caused by the action and recklessness of human activity). Facing the strong media impact of forest fires on areas of interest (both natural and urban) and the importance (in terms of affected extension, media coverage and media delivery extinction), forest fire occurred in late July 2013 that affected the SW of the *Serra de Tramuntana*, has raised the necessity to develop an exercise of economic loss of natural value due to forest fires. According to the above exposed, this study aims to

provide a potential loss and recovery of the natural values of the habitat / ecosystems in monetary terms (€) understood by the entire population.

**Key words:** *Ecosystem Service Value, ESV; Forest fires, Environmental Management, Serra de Tramuntana.*

*Pau BALAGUER, SHNB, Societat d'Història Natural de les Illes Balears; pbalaguer@socib.es; Jacob GALÁN, Institut Balear de la Natura (IBANAT). Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori; Rafael; SARDÀ, Centre d'Estudis Avançats de Blanes, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Carrer d'Acce's a la Cala Sant Francesc, 14, 17300 Blanes, Spain.*

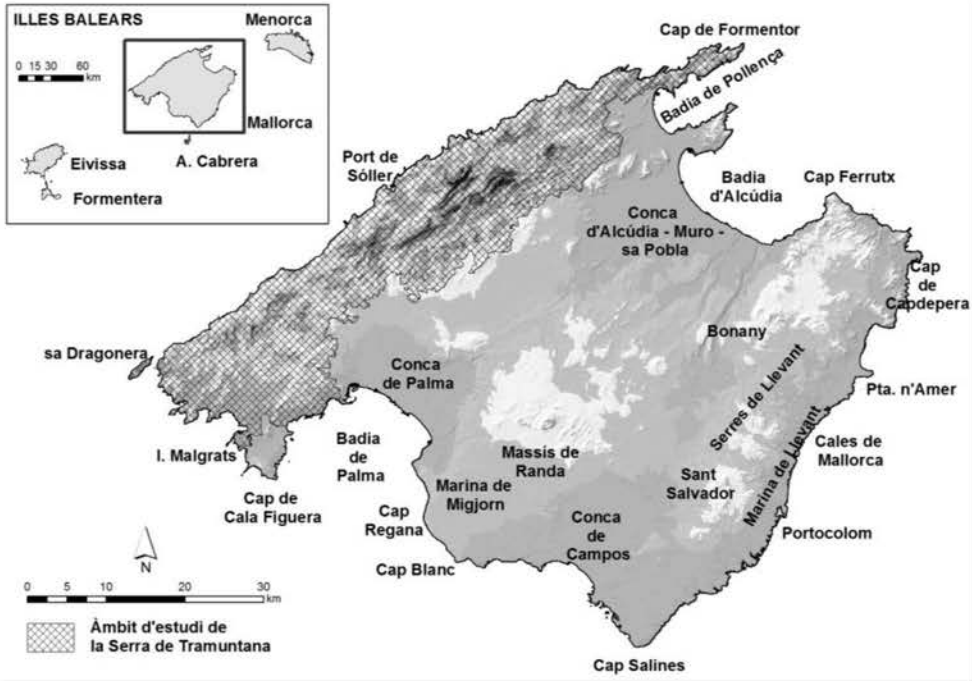
*Recepció del manuscrit: 10-des-14; revisió acceptada: 30-des-14.*

## Introducció

La Valoració dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) és considerada com a una eina important a tenir en compte dins àmbits de la gestió territorial (Costanza *et al.*, 1997) i també en el desenvolupament d'iniciatives de Gestió Integrada de la Zona Costanera (GIZC) (Brenner, 2007; Brenner *et al.*, 2010). Considerant la importància de l'incendi ocorregut a finals de juliol de 2013 a l'àrea del Ponent de Mallorca (Incendi d'Andratx de 2.400 ha) i amb la finalitat d'avançar cap a un desenvolupament regional sostenible amb una consciència de custòdia del territori i cap a una concepció integral de les àrees costaneres s'ha aplicat el mètode de transferència de valor proposat a l'àmbit de la Serra de Tramuntana (Fig. 1) calculant l'impacte dels incendis forestals sobre el seu VSE. El mètode de transferència de valor fou proposat per Troy i Wilson (2006) i adaptat a l'àmbit de la costa catalana per Brenner (2007), la VSE proposada per aquest darrer treball és la que s'ha tingut en compte per al desenvolupament d'aquest estudi. L'incendi citat retornà a la consciència social, amb un considerable impacte sobre els mitjans de comunicació, la necessitat i importància de mantenir les àrees forestals de les Illes Balears en un bon estat de conservació, així com tenir presents

les bones pràctiques tant per a les activitats de lleure com per tasques de gestió a l'entorn natural. Però aquest incendi no ha estat el primer cas en el que s'ha "encès" l'alarma col·lectiva per aquesta qüestió, altres incendis ocorreguts des de principis dels anys 90 (1992 incendi provocat de la Serra de na Burguesa a Mallorca, 1994 incendi provocat que afectà l'àrea de la Trapa a Mallorca, 2010 incendi que afectà el NW de l'illa d'Eivissa, entre d'altres exemples) ja han estat a la primera plana com a tema de debat tenint en compte que la preservació dels valors naturals de les Illes Balears constitueix el principal actiu per a una oferta turística de qualitat i és un dels forts actius que presenta la nostra comunitat que és pionera en la creació de precedents d'iniciatives de protecció territorial (Rullán, 2002; Balaguer *et al.*, 2013) però també amb altres exemples de referència pel que fa a processos d'urbanització (Rullán, 2002). Els antecedents ocorreguts, que malauradament no seran els darrers i d'acord amb algunes incerteses que sorgeixen a nivell de la societat en general sobre el cost o el grau de pèrdua ocasionada pels incendis forestals a àrees amb una elevada importància biològica, ecològica i econòmica, són els motius que ens han impulsat a realitzar aquest estudi.

Degut a que els VSE no acaben d'ésser integrats dins dels mercats comercials o bé



**Fig. 1.** Localització de l'àrea d'estudi dins l'àmbit de les Illes Balears i illa de Mallorca.  
**Fig. 1.** Location of the study area at the area of the Balearic Islands and the island of Mallorca.

adequadament quantificats dins dels serveis econòmics i de creació de capital, solen tenir poc pes específic dins les decisions administratives i polítiques territorials (Costanza *et al.*, 1997; Costanza i Folke, 1997; De Groot, 1992; 2006). Amb la finalitat d'entendre el paper que juga el medi natural que ens rodeja es precis aclarir els següents conceptes d'acord amb Costanza *et al.* (1997): 1) funcions dels ecosistemes i 2) servei dels ecosistemes. 1) les funcions dels ecosistemes fan referència a la varietat proporcionada pels hàbitats, les característiques físiques i biològiques i als processos dels ecosistemes. 2) En quant al servei dels ecosistemes, també tractat en profunditat per De Groot (1992) i Farber *et al.* (2006), (p.e. proveïment de menjar/nutrients i assimilació de residus, entre

d'altres) es refereix als beneficis obtinguts, de manera directa o indirecta per les comunitats humanes.

Els estudis relacionats amb la Valoració dels Serveis dels Ecosistemes (VSEs) són variats així com també ho són les metodologies d'estudi. Des de finals del segle XX hi ha hagut un increment notable en quant a la producció científica relacionada amb el VSEs i els estudis pioners de referència els constitueixen els de De Groot (1992) i el de Costanza *et al.* (1997), aquest darrer calcula un VSE global i estableix els principals fonaments. La major part dels estudis són aproximacions relativament simples, com és el cas del present treball, en els que es relaciona la cartografia d'usos del sòl amb el VSE de diferents tipus de cobertures adoptant un

mètode prèviament establert (Brenner, 2007). Per això alguns estudis com Neville *et al.* (2013) proposen pautes d'estandarització d'aquests tipus d'estudis. Schaägner *et al.* (2013) indica la VSE com a una eina de gran utilitat de cara al suport a les polítiques territorials que depenen de les característiques dels usos del sòl. Maes *et al.* (2012) destaca que l'èxit de la VSE depèn majoritàriament en la disposició d'informació espacial prou acurada (usos del sòl), així com també especifica les principals característiques de l'estratègia Europa 2020 i assenyalava que una de les principals necessitats és la de comptar amb una cartografia de VSEs, per a poder donar suport a les polítiques de desenvolupament territorial de la Unió Europea emfatitzant la necessitat d'un major aprofundiment pel que fa a les cobertures marines. Per altra banda, Bastian *et al.* (2013) realitzen un treball molt complet de caire introductor en el que estableixen els 5 pilars principals sobre els que es deuen estructurar els treballs relacionats amb VSEs, aquests són: 1) propietats dels ecosistemes, 2) potencialitat dels usos per a proveir serveis, 3) serveis que proveeixen, 4) beneficis / valors dels ecosistemes/hàbitat i 5) beneficiaris (relatiu als usuaris).

Abans d'encetar el desenvolupament d'aquest estudi és precís matissar que els incendis forestals són un fenomen consubstancial de l'ecosistema mediterrani (Pausas, 2012a, 2012b; Pausas i Paula, 2012; González-Olabarria *et al.*, 2012; Keley *et al.*, 2012). El foc és un dels principals factors que ajuda a configurar l'elevada diversitat biològica dels hàbitats i ecosistemes del nostre bioma, però malgrat que les espècies mediterrànies estan adaptades al foc no les exclou d'estar-ho davant qualsevol règim d'incendis (freqüència i intensitat) i si aquest règim augmenta acaba tenint conseqüències irreversibles per a

l'ecosistema. La gravetat dels incendis forestals normalment s'accentua quan bens materials i privats es troben en perill i en molts de casos es culpa a la mala gestió, a la falta de mitjans (instruments de gestió) i, en alguns casos, aquests normalment s'atribueixen als retalls pressupostaris (Pausas i Paula, 2012).

La intenció d'aquest treball és el de donar una estimació del valor econòmic (no de mercat) de l'àrea d'estudi (àmbit de la Serra de Tramuntana, Mallorca) d'acord amb el mètode de Troy and Wilson (2006), adaptat per Brenner (2007) i la magnitud de la pèrdua i recuperació del valor causat pels incendis forestals anual per al període comprès entre els anys 2006 i 2013. Així com també fer un repàs de les limitacions de l'estudi (relacionat amb el grau de detall del mètode) i la possibilitat d'implicació dels resultats amb la gestió/planificació territorial.

### Zona d'estudi

L'àrea d'estudi es localitza a l'àmbit de la Serra de Tramuntana de l'illa de Mallorca. Malgrat la zona d'estudi no compregui el domini sencer de la serra des del punt de vista geològic i geomorfològic s'estén per l'àrea declarada com a Paisatge Cultural (Patrimoni de la Humanitat) de la UNESCO, i també s'han inclòs les vessants marítimes constituïdes pels materials del Secundari i del Terciari que pertanyen a la Unitat Morfo-estructural de la Serra de Tramuntana que comprenen el SW de Mallorca (zona del Port d'Andratx, Camp de Mar, Peguera i àrea de Santa Ponça i ets Malgrats), Ponent de la Badia de Palma (tram de costa comprès entre Punta Negra-Son Caliu i Cala Major), sector septentrional de la Serra (Cala Sant Vicenç) i interior de la Badia de Pollença (àrea de



Formentor i Punta de l'Avançada) (Fig. 1 i 2). Aquests trams costaners acabats d'esmentar s'han delimitat d'acord amb el mapa geològic de la Serra de Gelabert (1997) i el treball de classificació dels tipus de costa de Mallorca de Balaguer (2007). L'extensió de la zona d'estudi és de 87.271,7 ha i comprèn el 24% de l'àrea del conjunt de l'illa de Mallorca. Els municipis inclosos dins l'àrea d'estudi són: Andratx, Calvià, Palma, Estellencs, Banyalbufar, Esporles, Bunyola, Puigpunyent, Valldemossa, Deià, Sóller, Fornalutx, Caimari, Santa Maria del Camí, Alaró, Consell, Inca, Mancor de la Vall, Escorca, Selva, Campanet i Pollença (Fig. 1).

Com a reflex de la importància del medi natural de la zona d'estudi, aquesta agrupa fins 15 figures de protecció legal del territori repartits en els àmbits marí i terrestre, aquestes proteccions del territori comprenen figures com *ANEI*, *ARIP* (àmbit terrestre) de la Llei 1/1991 d'Espais Naturals de les Illes Balears (LEN 1/91), *LICs* i *ZEPAs* (d'àmbits marins i terrestres) de la Xarxa Natura 2000, *Paratge Natural*, *Monument Natural* (Torrent de Pareis i ses Font Ufanés) i *Paisatge Cultural de la UNESCO* com a patrimoni de la Humanitat (àmbit marí i terrestre), *Parc Natural* (sa Dragonera), proteccions derivades del PTI com són: Àrea de Protecció Territorial (*APT-Costa*), Àrea Natural d'Alt Nivell de Protecció (*AANP*) i Àrea Rural d'Interès Paisatgístic Boscosa (*ARIP-B*). I també hi ha que fer referència a la primera figura de protecció terrestre que es proclama l'any 1972 i és la consideració de la major part de la Serra com a *Paisatge Històric, Artístic i Pintoresc*. L'àrea d'estudi utilitzada per a l'anàlisi només contempla àrees terrestres però cal remarcar que a l'àmbit marítim de la Serra s'hi localitzen *LICs marins*, la *Reserva Marina de les illes Malgrats* i l'àmbit marí de la protecció com a *Paisatge*

*Cultural de l'UNESCO* que comprèn l'àrea marina separada 1 milla de la línia de costa des de la zona de Sant Elm (Andratx) fins a l'extrem septentrional de la zona de Formentor (Pollença). Dins l'àmbit terrestre cal també fer referència a la finca de la Trapa, localitzada a l'extrem SW de la Serra (front a sa Dragonera) que constitueix una *Reserva Biològica* de caràcter privat gestionada pel *Grup Ornitològic Balear* (GOB).

Respecte l'activitat humana, el poblament i patrimoni cultural i arquitectònic, cal dir que la Serra és un lloc que ha tingut modificacions en els usos del territori al llarg de la història mitjançant l'explotació forestal, conreu, desenvolupament dels nuclis urbans i construccions agràries destinades a l'habitatge i a l'aprofitament dels recursos (possessions, ponts, marjades, aljubs, cases de neu, molins d'aigua). Alguns exemples característics d'elements arqueològics solen ésser coves habitades, fortificacions i elements arquitectònics funeraris presents a Cala Sant Vicenç i Bóquer (Pollença, zona NNW de l'àrea d'estudi), Comasema (Bunyola), Cases des Moro, Almallutx (Escorca), Canet i Son Malferit (Esporles) entre d'altres.

D'acord amb la memòria de descripció de la Serra per Paisatge Cultural de la UNESCO (Consell de Mallorca. Disponible al web: <http://www.serradetramuntana.net/>, accedit el 29/12/2014), la població de l'àmbit de la Serra sota la condició de Paisatge Cultural té una població d'uns 40.000 habitants (8.000 habitants a la zona de nucli i que integren part del municipis de Calvià, Estellencs, Puigpunyent, Esporles, Valldemossa, Sóller, Escorca, Alaró, Lloseta, Mancor, Selva, Pollença i la totalitat de Banyalbufar i Deià) i uns 40.000 habitants a les àrees d'esmortiment (que integren part dels municipis de Sóller,

Fornalutx, Escorca, Pollença, Campanet, Selva, Mancor, Lloseta, Alaró, Sta. Maria, Bunyola, W Palma, Valldemossa, Esporles, Puigpunyent, Calvià, Andratx). A aquesta població s'ha d'afegir la relativa als nuclis de Cala Sant Vicenç, Port de Sóller, immediacions de la Base Militar de Pollença, Sta Ponça, Port d'Andratx, Sant Elm, Camp de Mar, Peguera, Palmanova, Costa d'en Blanes, Son Caliu, Illetes i Sant Agustí que segons el Padró de Població de 2013 (segons la publicació digital de l'Institut Balear d'Estadística, IBESTAT; <http://ibestat.caib.es/ibestat/estadistiques/poblacio>) agrupen una població lleugerament superior als 50.000 hab. Aquestes àrees, totes elles localitzades al vessant marítim presenten una forta pressió urbanística a la zona costanera i tenen el denominador comú d'esser destins turístics de Sol i Platja. De manera que la xifra estimada de població de l'àrea d'estudi seleccionada és d'uns 100.000 hab., el que suposa al voltant de l'11% de la població de l'illa de Mallorca (estimada en 864.763 hab d'acord amb el Padró de 2013 de l'IBESTAT).

Des del punt de vista geològic i geomorfològic la Serra de Tramuntana es correspon amb un sistema imbricat d'encavalcaments generalment dirigits cap al NW dividits en dues grans Unitats Estructurals (Gelabert, 1997). El seu nivell basal el constitueixen les lutites i guixos del Keuper (Triàsic Superior) i predominen les calcàries del Juràssic conferint els colors grisencs dels cims. És la serralada més gran de les Illes Balears i també és a on es troben les majors altures (Puig Major, Massanella, es Teix, Galatzó, Alfàbia i Puig des Tossals amb més de 1000 m d'altura). Els materials que la constitueixen comprenen des del Carbonífer (Paleozoic) fins al Quaternari. L'estructura i organització dels relleus que formen la Serra, a partir de la imbricació de sistemes d'encavalcaments amb eixos NE-

SW i orientats cap al NW, te les seves conseqüències sobre la seva configuració general i la línia de costa, presentant generalment forts pendents als vessants orientats cap al NW i pendents més suaus als vessants orientats vers al SE. Les valls tenen tendència a presentar una disposició amb orientació NE-SW a l'hora que els grans "entrants" costaners (Port d'Andratx, ensenada de Cala Fornells-Santa Ponça, es Camp de Mar, Cala Sant Vicenç, Cala Figuera de Pollença, Cala Bóquer, Badia de Pollença, entre d'altres) també presenten la mateixa orientació a excepció de la vall i el Port de Sóller.

La flora de la Serra, resumit de la memòria de proposta de la Serra com a Paisatge Cultural de l'UNESCO abans citada. La vegetació i la flora es troba condicionada per l'escassetesa de precipitacions típica del clima mediterrani durant els mesos d'estiu i que pot provocar situacions d'aridesa extrema a bona part de la zona d'estudi durant aquest període. De manera que la varietat i riquesa de la flora de l'àrea d'estudi s'organitza en 4 grans grups vegetals:

1) L'alzinar balearic (*Cyclamini-Quercetum Illicis*) és la comunitat climàtica boscosa però que a partir de l'alteració humana s'ha vist reduïda i presenta dues associacions:

- a) L'alzinar de muntanya (*Cyclamini-Quercetum Illicis pteridio rhamnesotum*) i,
- b) L'alzinar litoral (*Cyclamini-Quercetum illicis typicum*).

2) Garriga d'ullastre (*Oleo-Ceratonion ass. Cneoro-ceratonietum*) conforma una associació vegetal típica de terres àrides i predomina a les cotes baixes. Han ocupat espais propis d'alzinars que foren transformats en terres de conreu. L'extensió agrícola de la comunitat de la garriga d'ullastre (*Olea europaea* var. *sylvestris*) es l'olivera.

3) Matollar calcícola (*Rosmarino-Ericion*) és típica d'àmbits costaners i també de muntanya amb una distribució menor que la Garriga d'ullastrer. Són típics dos arbusts prou representatius i identificatius d'aquest grup, el romaní (*Rosmarinus officinalis*) i el xiprell (*Erica multiflora*). L'associació típica de la variant de muntanya (*Loto Ericetum multiflorae*), el càrritx (*Ampelodesmos mauritanica*) té les majors cobertures. Pot trobar-se alternant amb cobertures de pi blanc (*Pinus halepensis*) fruit de la capacitat d'adaptació i oportunisme d'aquesta espècie.

4) Comunitat del pis culminal que s'agrupen entorn a la comunitat *Hipericion Balearici* que es desenvolupen sobre terres quasi ermes i roquissars. Més comuns a zones terminals poden adaptar-se a qualsevol àrea de la Serra. La característica morfològica més determinant és que es tracta d'una formació d'espècies molt baixes i plantes arrodonides i espinoses (com són els coixinets: *Hypericum balearicum*, *Teucrium marum* subsp *occidentale*, *Astragalus balearicus*, i pròpies de parets i penyals: *Hippocrepis balearica*).

D'acord amb els usos del sòl del Mapa Topogràfic Balear de l'any 2006 utilitzat en aquest estudi s'ha realitzat un inventari d'algunes de les cobertures vegetals més importants determinant la seva extensió i distribució a l'àrea d'estudi (Fig. 1 i 2). Les cobertures considerades, que a continuació es detallen, han estat les d'alzinar, pinar, ullastrar, bosc mixt, olivera i garrover: 1) Els alzinars presentaven una extensió d'unes 7.900 ha amb major localització a la part central de la Serra i un cert biaix de distribució cap al Nord (península de Formentor), 2) els pinars tenien una extensió d'unes 12.800 ha repartides per tota la Serra però amb una major presència a la part sudoccidental (conformant, en

aquestes àrees, la major part de la superfície forestal), part meridional i del llevant i apareixen de manera més dispersa a les àrees septentrionals (cap de Formentor), 3) els boscos mixtos (principalment formats per pinar i ullastrar) tenien una extensió d'unes 19.000 ha presentant una distribució uniforme al llarg de tota la Serra, 4) les àrees de garriga tenien una extensió d'unes 18.800 ha amb una distribució gairebé uniforme al llarg de la Serra, 5) les àrees d'oliverar presentaven una extensió d'unes 5.000 ha repartides en diferents "clapes" per tota la Serra i, 6) els garrovers presentaven una distribució d'unes 115 ha i en comparació amb les altres cobertures es troba escassament representat a punts dispersos de l'àrea d'estudi presentant una major freqüència a les zones del SW (Andratx - Calvià) i NE (Campanet - Pollença).

Pel que fa a la fauna de la Serra de Tramuntana, la característica més notable és la riquesa d'endemismes afavorida pels relleus abruptes i la relativa baixa influència de l'activitat humana (si ho comparem amb la resta de l'illa de Mallorca), de fet la Serra és l'àmbit amb més quantitat d'endemismes de fauna de les Illes Balears i la major part d'ells habiten a l'interior de cavitats, de les aproximadament 94 espècies cavernícoles existents a la Serra, 31 són espècies endèmiques (<http://www.serradetrabantana.net/>).

D'acord amb el bioatles de la Conselleria de Medi Ambient de la CAIB (<http://bioatles.caib.es/serproesfront/VisorServlet>) els grups taxonòmics més importants que destaquen per presència d'endemismes són els aràcnids (aranyes i escorpi), mol·luscs (gasteròpodes dels gèneres *Tudorella*, *Iberellus*, *Xerocrassa*, entre d'altres), coleòpters (escarabats). També destaquen els grups de mamífers (cabra orada, mart, eriçó, ratespinyades,

mostel, geneta, llebre, entre d'altres), amfibis (calàpet, granota verda, ferreret), rèptils (serp de garriga), miriàpodes (centpeus), crustacis ("someretes del bon Jesús"), himenòpters (formigues) i lepidòpters. Entre les aus destaquen espècies com el Voltor negre (*Aegypius monachus*) que bona part de la seva població habita a la meitat Nord de la Serra, altres espècies com són el Busqueret de coa-llarga (*Sylvia balearica*) i el Virot petit (*Puffinus mauritanicus*), que ambdues són endèmiques de les Balears i el segon té els nius a les coves dels penya-segats marins. També són característics el Falcó marí (*Falco eleonorae*), Àguila peixatera (*Pandion haliaetus*), la Milana (*Milvus milvus*) i el corb (*Corvus corax*) i a les àrees litorals es comuna la presència dels Corbs marins (*Phalacrocorax aristotelis*) i gavines (*Larus audouinii* i *Larus michahelis*).

## Materials i mètode

El present estudi està basat en l'anàlisi de la cobertura del sòl de l'àrea de la Serra de Tramuntana del Mapa Topogràfic Balear de 2006 a escala 1/5.000 i s'han aplicat els Valors del Serveis dels Ecosistemes (VSE) dels hàbitats establerts per Brenner (2007) que va desenvolupar per a realitzar una "valoració ambiental" de la franja costanera de Catalunya (Taula 1) a partir d'una adaptació del treball de Troy i Wilson (2006). El mètode adoptat atribueix un valor econòmic per ha de superfície i any (\$/ha/any) a 12 cobertures, 2 d'elles marines (praderes de fanerògames i extensió de la plataforma continental fins a -200 m) que en aquest estudi no seran tingudes en compte (Taula 1). El valor de les cobertures atribuït per Brenner (2007) és en Dòlars USA (\$), en valor de 2004, i a

l'apartat de resultats els valors s'han convertit en Euros (€) d'acord amb la relació 1\$ = 0,80 €. (relació mitjana del canvi diari l'any 2004 d'acord amb <http://www.cambioeuro.es/cambio-historico-dolar-2004/>).

En quant a la justificació per a l'elecció de l'àrea d'estudi es recolza amb la magnitud assolida a l'incendi de l'estiu de 2013, que aixecà polèmica tant des de la vessant medi ambiental com des de la implicació social. Aquest incendi que afectà el sector sudoccidental de la Serra de Tramuntana (unitat fisiogràfica més emblemàtica de l'illa de Mallorca i una de les Illes Balears), ens conduí a seleccionar la unitat fisiogràfica sencera com a zona d'estudi. La determinació de la pèrdua del valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àmbit de Tramuntana de l'illa de Mallorca s'ha calculat tenint en compte les àrees dels incendis que han tingut lloc a l'àrea d'estudi des de 2006 fins a l'estiu de 2013. En quant als límits de l'àrea de tramuntana s'han exposat a l'aparat corresponent a l'apartat de descripció de la zona d'estudi.

En quant a la cartografia utilitzada per a realitzar aquest estudi preliminar és la corresponent al Mapa Topogràfic Balear de 2008 (escala 1/5.000) en format digital (shapefile; extensió ".shp"), realitzat a partir de l'ortofotografia aèria de 2006, de manera que aquesta reflecteix la situació dels usos del sòl de l'any 2006 (Fig. 2). D'acord amb això, el període d'anàlisi comprèn el període 2006 - 2013 en el que s'han tingut en compte els incendis ocorreguts dins del perímetre de la zona d'estudi (Fig. 3). La cartografia utilitzada corresponent als perímetres dels incendis és també en format digital (.shp) i s'ha obtingut de les bases de dades de l'Institut Balear de la Natura de les Illes Balears (IBANAT).

Cobertura	Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE en \$ USA valor 2004)	Cobertura	Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE en \$ USA valor 2004)
Plataforma continental submergida	3.210	Camps de conreu	2.140
Praderes de fanerògames marines	24.228	Zones humides (estacaments d'aigua dolça)	28.589
Platges i sistemes dunars litorals	104.146	Aigües d'escorrentia (règim fluvial)	1.890
Salobrans i aiguamolls	15.147	Boscós i espècies vegetals de ribera	8.359
Boscós temperats	3.789	Zones verdes urbanes	6.111
Prats (estadi herbaci)	230	Urbà; improductiu; cremat; explotacions d'extracció	0

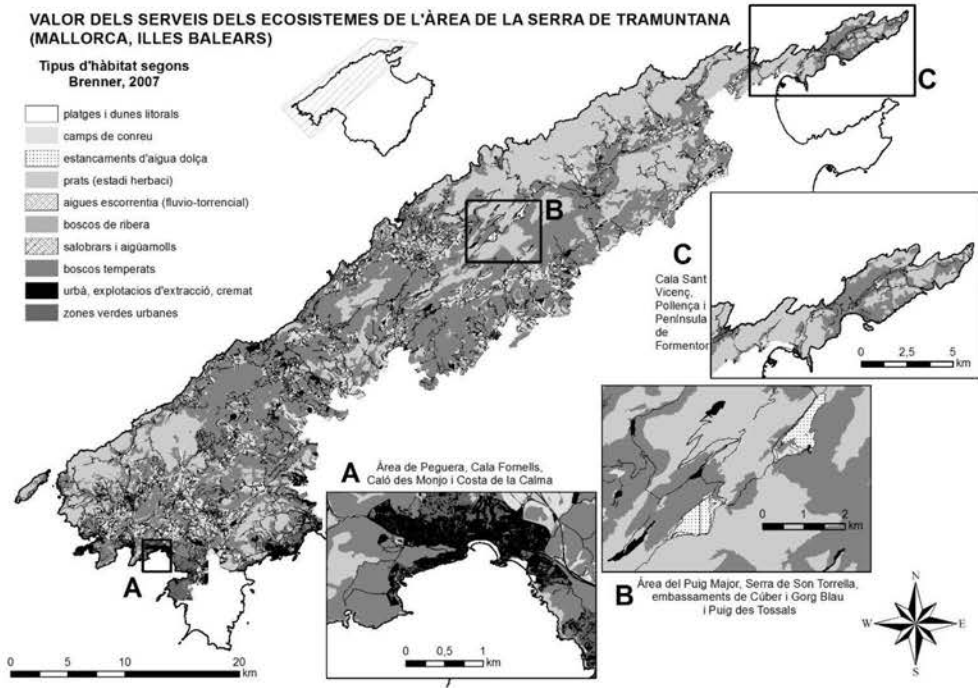
**Taula 1:** Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) en Dòlars USA en valor de 2004, extret de Brenner (2007) (aprox. 1 Dòlar USA = 0,80 Euros). Les cobertures de plataforma continental, praderes de fanerògames i aigües d'escorrentia no han estat utilitzades en aquest treball.

**Table 1:** Ecosystem Service Values (ESV) expressed with US dollars (according to dollar value at 2004) from Brenner (2007) (aprox. 1 US \$ = 0,80 €). Habitat corresponding to continental shelf, prairies of seagrass and perennial riverine environments have not been included in this work due to the absence of this kind of environments.

Els programes utilitzats per a calcular el Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àrea d'estudi, així com per calcular el valor perdut degut als incendis forestals han estat els programes de Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) gvSIG (programa de codi obert) i l'Arcmap d'Esri©. El càlcul del cost del VSE provocat pels incendis s'ha fet mitjançant el geoprocés d'unió entre les cartografies: 1) VSE de l'àrea d'estudi (àmbit de la Serra de Tramuntana) i 2) perímetres dels incendis. Un cop unides les capes (VSE de l'àrea d'estudi i d'incendis anuals) es va donar valor 0\$ a les superfícies afectades pels incendis. S'ha considerat que a les zones afectades pels incendis l'extensió de sòl afectat (que no sigui sòl urbà) tingui la condició d'estadi herbaci a l'any següent d'acord amb la capacitat de recuperació de les àrees afectades pels incendis (Papió,

1994; Casesnoves i Vilà, 1999; Lloret, 2004). De manera que les àrees afectades per un incendi, i que no tinguin condició de cobertura urbana, a un any determinat es considera que tenen un valor 0 \$/ha l'any següent han passat a tenir un valor de 230\$/ha corresponent a la cobertura herbàcia segons Brenner (2007) (Taula 1).

A fi i efecte d'avaluar les possibles coincidències entre el VSE perdut arrel dels incendis i el cost de recuperació dels hàbitats, ecosistemes i cobertures afectats s'ha consultat el *pla de restauració ambiental de la zona afectada per l'incendi d'Andratx, Estellençs i Calvià* (ocorregut el més de Juliol de 2013) del Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl de la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori, Direcció General de Medi Natural, Educació Ambiental i Canvi Climàtic.



**Figura 2** Representació dels diferents tipus d'hàbitat d'acord amb el mètode de Brenner (2007) per a la caracterització del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àmbit de la Serra de Tramuntana (Mallorca). Els diferents hàbitats representats a la figura s'han adaptat dels usos del sòl de la cartografia del Mapa Topogràfic Balears (MTB) a escala 1:5.000 de 2006.

**Figure 2.** Depiction of the different types of habitat according with methodology of Brenner (2007) to represent the Environmental Service Value (ESV) of the area of Serra de Tramuntana (Mallorca). Habitat representation has been adapted from land uses of the Balearic Topographic Maps (scale: 1/5.000) corresponding to 2006.

## Resultats i discussió

En aquest apartat s'exposen: (1) els resultats principals obtinguts de l'anàlisi de pèrdua de valor ambiental de l'àmbit de la Serra de Tramuntana degut als incendis forestals ocorreguts entre 2006 i 2013, així com també es discuteixen aspectes com (2) limitacions de l'estudi, i (3) les implicacions dels resultats amb la gestió i/o planificació del territori. D'acord amb l'acabat d'esmentar, l'apartat s'organitza en tres blocs desenvolupats a continuació:

### Resultats principals

El resultat extret donen una estimació, amb unitats monetàries conegudes per la totalitat de la societat (aproximadament, 1\$ USA en valor de 2004 equivalents a 0,77 €) de la magnitud dels incendis forestals que han tingut lloc durant 8 anys (període comprès entre 2006 i 2013) a l'àrea natural més valuosa de Mallorca (Fig. 1, 2 i 3) tant des del punt de vista de la protecció ambiental, com de la biodiversitat i extensió entre d'altres.

D'aquesta manera d'acord amb els mètodes i tècniques d'estudi emprades la valoració ambiental de l'àrea d'estudi l'any 2006 abans dels incendis s'estima en 153.502.682,8 € (199.354.133,48 \$ USA) i la de 2013 després dels incendis s'estima en 150.515.386,3 € (195.474.527,6 \$ USA) quantificant-se una pèrdua de valor total de la Serra de Tramuntana degut als incendis de -2.987.296,5 € (-3.879.605,85 \$ USA) (Taules 2a, 2b, 2c, 2d, Fig. 4).

La pèrdua mitjana de valor anual per al període comprès és de -373.412 €/any (-484.951 \$USA/any), però aquesta xifra mitjana s'ha vist fortament incrementada per la gran magnitud de l'incendi de 2013 (Taula 2d, Figs. 3 i 4) ja que la pèrdua mitjana de valor anual entre 2006 i 2012 (un any abans del gran incendi forestal) era 5 vegades inferior amb un valor mitjà -67.741,5€/any (-87.976 \$ USA/any). Els

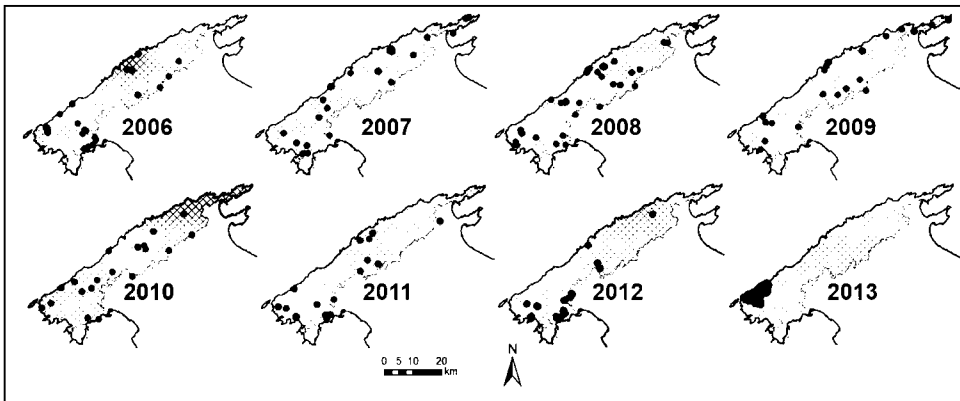
valors obtinguts han de tenir-se en compte com a un exercici d'estimació/aproximació a la valoració (en termes relatius) de la pèrdua d'espais naturals amb unes unitats "fàcilment enteses per tothom", els doblers.

### Limitacions de l'estudi

El mètode adoptat (Brenner, 2007) dona uns valors estimats per hectàrea pels diferents tipus d'hàbitat considerats (Taula 1).

Tant l'adequada valoració de cada tipus d'hàbitat, així com també l'adequada consideració dels tipus hàbitats tinguts en compte no són objecte específic d'aquest treball, aquí es fa una adaptació directe del mètode a la realitat existent del sector de Tramuntana de l'illa de Mallorca.

Per exemple, a l'hàbitat de boscos temperats el mètode de Brenner (2007) pel cas de Balears agrupa cobertures de



**Fig. 3.** Distribució espacial dels incendis ocorreguts dins l'àmbit d'estudi (Serra de Tramuntana, Mallorca). L'àrea dels incendis s'ha exagerat per a que es puguin distingir dins de l'àmbit d'estudi a l'escala en que es mostra la figura. Les característiques dels incendis (nombre per any, variació del VSE i extensió mitjana) es poden consultar a la TAULA 2.

**Fig. 3.** Spatial distribution of the forest fires occurred inside the study area (Serra de Tramuntana, Mallorca). The borders of the area of the forest fires have been widened in order to distinguish them well inside the study area. Main characteristics of the forest fires (number of forest fires per year, variation of ESV and mean extension of them) can be consulted at Table 2.

<i>Període 2006 - 2007</i>	<b>Fins a l'any 2006</b>	<b>Any 2006 després dels incendis</b>	<b>Any 2007 abans dels incendis</b>	<b>Any 2007 després dels incendis</b>
<b>Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àrea d'estudi de Tramuntana (\$ USA)</b>	199.354.133	199.328.741	199.328.109	199.255.242
<b>% valor anterior</b>	-----	-0,01	-----	-0,004
<b>Ha afectades</b>	-----	10,63	-----	72,97
<b>ESV afectat /estimació de recuperació</b>	-----	-25.392	+ 2.368	-75.867
<b>Nombre d'incendis dins l'àrea d'estudi</b>	-----	23	-----	18
<b>Extensió mitjana dels incendis (ha)</b>	-----	0,46	-----	4,05
<b>Extensió mitjana dels incendis (m<sup>2</sup>)</b>	-----	4.621	-----	40.536
<b>Cobertures / hàbitats afectats pels incendis</b>	-----	1)prats; 2)bosc temperats; 3)cultiu; 4)urbà	Recuperació estimada, com a prats a les cobertures que no siguin urbà o improductiu	1)cultiu; 2)prats; 3)bosc de ribera; 4)bosc temperats; 5)urbà; 6)zones verdes urbanes

**Taula 2a.** Evolució temporal del Valor dels Serveis dels Ecosistemes de la Serra de Tramuntana. Període d'estudi 2006-2007. Contrastació dels valors a l'inici i final de cada any amb les característiques dels incendis. Es considera que les àrees cremades a l'any següent recuperen l'estadi herbaci (prats) d'acord amb Casesnoves i Vilà, (1999), Papió (1994) i Lloret (2004).

**Table 2a.** Evolution of the Ecosystem Service Value (ESV) of the Serra de Tramuntana. For the study period 2006-2007. Contrasting values of the beginning and end for each year. It has been considered that burned areas recover grassland stadium according to the exposed in Casesnoves & Vilà, (1999), Papió (1994) and Lloret (2004).

pinar, alzinar i ullastrar, entre d'altres, cadascuna d'elles amb diferents graus de fragilitat i per tant suposem que haurien de tenir diferent valor. Tal vegada, la metodologia utilitzada és més adequada per a escales majors (p.e. a nivell de les Illes

Balears per a la comparació de diferents comunitats autònomes o inclús diferents estats), cal destacar la seva utilitat per a caracteritzar i/o comparar diferents regions com ja ho reflecteixen alguns exemples de comparació entre les diferents Comarques



<i>Període 2008 - 2009</i>	<b>Any 2008 abans dels incendis</b>	<b>Any 2008 després dels incendis</b>	<b>Any 2009 abans dels incendis</b>	<b>Any 2009 després dels incendis</b>
<b>Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àrea d'estudi de Tramuntana (\$ USA)</b>	199.272.024	199.263.613	199.268.127	199.236.336
<b>% valor anterior</b>	-----	-0,004	-----	-0,02
<b>Ha afectades</b>	+16.782	72,79	-----	197.514
<b>ESV afectat /estimació de recuperació</b>	-----	-8.411	+4.514	-31.791
<b>Nombre d'incendis dins l'àrea d'estudi</b>	-----	27	-----	20
<b>Extensió mitjana dels incendis (ha)</b>	-----	0,73	-----	9.8758
<b>Extensió mitjana dels incendis (m<sup>2</sup>)</b>	-----	7.268	-----	98.758
<b>Cobertures / hàbitats afectats pels incendis</b>	Recuperació estimada, com a prats a les cobertures que no siguin urbà o improductiu	1)cultiu; 2)prats; 3)zones humides d'aigua dolça; 3)bosc de ribera; 4)bosc temperats; 5)urbà	Recuperació estimada, com a prats a les cobertures que no siguin urbà o improductiu	1)cultiu; 2)prats, 3)bosc temperats; 4)urbà

**Taula 2b.** Evolució temporal del Valor dels Serveis dels Ecosistemes de la Serra de Tramuntana. Període d'estudi 2006-2007. Contrastació dels valors a l'inici i final de cada any amb les característiques dels incendis. Es considera que les àrees cremades a l'any següent recuperen l'estadi herbaci (prats) d'acord amb Casesnoves i Vilà, (1999), Papió (1994) i Lloret (2004).

**Table 2b.** Evolution of the Ecosystem Service Value (ESV) of the Serra de Tramuntana. For the study period 2006-2007. Contrasting values of the beginning and end for each year. It has been considered that burned areas recover grassland stadium according to the exposed in Casesnoves & Vilà, (1999), Papió (1994) and Lloret (2004).

litorals de Catalunya (Brenner *et al.*, 2006; Brenner, 2007; Brenner *et al.*, 2010) o d'aquestes amb l'illa de Mallorca (Sardà *et al.*, 2009). És important assenyalar que els hàbitats terrestres i marins (bentònics)

constitueixen una informació essencial per determinar els valors ecològics, sociològics i econòmics del medi natural (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008; Sardà *et al.*, 2012) i d'aquesta forma també es podrà avaluar la

<i>Període 2010 - 2011</i>	<b>Any 2010 abans dels incendis</b>	<b>Any 2010 després dels incendis</b>	<b>Any 2011 abans dels incendis</b>	<b>Any 2011 després dels incendis</b>
<b>Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àrea d'estudi de Tramuntana (\$ USA)</b>	199.240.876	199.230.205	199.231.006	199.035.649
<b>% valor anterior</b>	-----	-0,001	-----	-0,1
<b>Ha afectades</b>	-----	3,6	-----	74,11
<b>ESV afectat /estimació de recuperació</b>	+ 4.540	-10.671	+800	-195.357
<b>Nombre d'incendis dins l'àrea d'estudi</b>	-----	18	-----	16
<b>Extensió mitjana dels incendis (ha)</b>	-----	0,20	-----	4,63
<b>Extensió mitjana dels incendis (m<sup>2</sup>)</b>	-----	2.000	-----	46.319
<b>Cobertures / hàbitats afectats pels incendis</b>	Recuperació estimada, com a prats a les cobertures que no siguin urbà o improductiu	1)cultius; 2)prats; 3)boscoss temperats; 4)urbà	Recuperació estimada, com a prats a les cobertures que no siguin urbà o improductiu	1)cultiu; 2)prats; 3)boscoss temperats; 4)urbà

**Taula 2c.** Evolució temporal del Valor dels Serveis dels Ecosistemes de la Serra de Tramuntana. Període d'estudi 2006-2007. Contrastació dels valors a l'inici i final de cada any amb les característiques dels incendis. Es considera que les àrees cremades a l'any següent recuperen l'estadi herbaci (prats) d'acord amb Casesnoves i Vilà, (1999), Papió (1994) i Lloret (2004).

**Table 2c.** Evolution of the Ecosystem Service Value (ESV) of the Serra de Tramuntana. For the study period 2006-2007. Contrasting values of the beginning and end for each year. It has been considered that burned areas recover grassland stadium according to the exposed in Casesnoves & Vilà, (1999), Papió (1994) and Lloret (2004).

degradació induïda pels humans (Mumby et al, 2004). La consideració de la capacitat de recuperació de les àrees cremades no urbanes es recolza en estudis com el de Papió (1994) que assenyala que espècies de matollar com el càrritx (*Ampelodesmos mauritanica*) es poden veure afavorides per

l'alta recurrència dels incendis forestals augmentant la seva població.

En quant a la legitimitat i utilitat d'aquests tipus d'estudis basats en l'estimació econòmica de bens i serveis naturals, l'estudi de Costanza *et al.* (1997) ja contempla que en alguns casos es critica

<i>Període 2012 - 2013</i>	<b>Any 2012 abans dels incendis</b>	<b>Any 2012 després dels incendis</b>	<b>Any 2013 abans dels incendis</b>	<b>Any 2013 després dels incendis</b>
<b>Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) de l'àrea d'estudi de Tramuntana (\$ USA)</b>	Any 2012 abans dels incendis	Any 2012 després dels incendis	Any 2013 abans dels incendis	Any 2013 després dels incendis
<b>% valor anterior</b>	199.052.567	198.738.302	198.778.446	195.474.528
<b>Ha afectades</b>	-----	-0,2	-----	-1,7
<b>ESV afectat /estimació de recuperació</b>	-----	176,26	-----	2.400
<b>Nombre d'incendis dins l'àrea d'estudi</b>	+16.918	-314.265	+40.144	-3.303.918
<b>Extensió mitjana dels incendis (ha)</b>	-----	13	-----	1
<b>Extensió mitjana dels incendis (m<sup>2</sup>)</b>	-----	13,56	-----	2.400
<b>Cobertures / hàbitats afectats pels incendis</b>	-----	135.584	-----	24.000.000

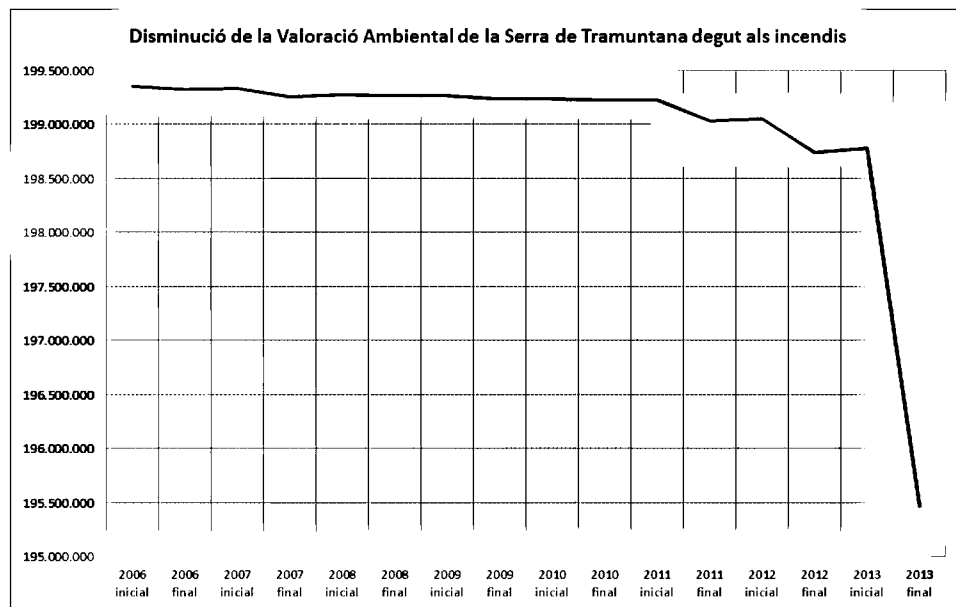
**Taula 2d.** Evolució temporal del Valor dels Serveis dels Ecosistemes de la Serra de Tramuntana. Període d'estudi 2006-2007. Contrastació dels valors a l'inici i final de cada any amb les característiques dels incendis. Es considera que les àrees cremades a l'any següent recuperen l'estadi herbaci (prats) d'acord amb Casesnoves i Vilà, (1999), Papió (1994) i Lloret (2004).

**Table 2d.** Evolution of the Ecosystem Service Value (ESV) of the Serra de Tramuntana. For the study period 2006-2007. Contrasting values of the beginning and end for each year. It has been considered that burned areas recover grassland stadium according to the exposed in Casesnoves & Vilà, (1999), Papió (1994) and Lloret (2004).

que la valoració dels ecosistemes no és possible o poc encertat ja que no es pot posar preu a bens intangibles com el benestar, vida humana, característiques ambientals, diferents cobertures de sòl dependent dels hàbitats, depuració de l'atmosfera, entre d'altres. Però aquests tipus de quantificacions existeixen i s'empren quasi bé cada dia, com per exemple en el cas de la construcció d'infraestructures a on s'inverteixen més doblers per a poder prevenir la pèrdua de

vides humanes. Però cal tenir en compte que les decisions que es prenen en les diferents polítiques (p.e. de desenvolupament econòmic i/o de caire territorial) impliquen l'avaluació continua (no sempre expressada en termes monetaris) dels hàbitats i ecosistemes (ibit).

Com exemple es pot posar el cas dels boscos (en el nostre cas categoria de *boscos temperats*) que proveeixen de llenya i fusta amb un valor ben establert als mercats, però els valors d'altres serveis, ara com el lleure,



**Figura 4.** Evolució, a la baixa, del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE), en dòlars USA, de la Serra de Tramuntana des de l'any 2006 fins l'any 2013. S'observa la pèrdua sobtada en un sol any degut a l'incendi ocorregut al Juliol-Agost de 2013. La recuperació interanual és deguda a la consideració d'herbaci (cobertura com a prats herbacis) de l'àrea cremada durant l'any d'acord amb Casesnoves & Vilà (1999) i Lloret (2004).

**Figure 4.** *Terend of the Environmental Service Value (ESV), in dolars USA, due to forest fires of the Serra de Tramuntana since 2006 to 2013. Figure shows the sudden loos in only one year due to the forest fire occurred at July-August of 2013. The recovery of interannual values is due by the consideration of burned area as a grassland one year after of the forest fire according with the exposed by Casesnoves & Vilà (1999) and Lloret (2004).*

paisatgístic i ben estar no tenen una clara valoració de cara als mercats (Costanza, 1997). Altres exemples, també familiars dins del nostre entorn, extrapolables a la zona costanera podrien esser els relacionats amb la degradació de les praderies de posidònia i pèrdua de diversitat dels fons marins infralitorals, la seva sobreexplotació de productes podria tenir efectes directes sobre els mercats incrementant el preu de certes espècies que degut a la degradació continua estan protegides o en perill d'extinció. També té unes connotacions ambientals, sovint relacionades amb qüestions estètiques, que tenen un efecte

indirecte sobre les economies, des de grans a petites escales, com serien la degradació de les platges, pèrdua d'arenes degut a infraestructures, mala qualitat de les aigües, etc., que poden provocar la disminució de l'afluència de turistes i causar desequilibris d'escala (perjudicant tant l'oferta turística com l'oferta complementària). Altres aspectes, tots ells interrelacionats, com el lleure a la zona costanera, la qualitat paisatgística, conservació de la biodiversitat no es poden contemplar en els mercats de valors. D'aquesta manera es reflexa que existeix una relació entre els serveis dels ecosistemes i el benestar de les comunitats

humanes que pot variar de la simplicitat a les excessivament complexes (Costanza *et al.*, 1997). Per tant, les contribucions, ben raonades, sobre la valoració dels serveis dels ecosistemes sempre seran de gran utilitat no només per a saber el valor en termes monetaris, sinó també per a ajudar a comprendre millor al conjunt de la societat els possibles efectes futurs de les polítiques i decisions administratives amb una manifestació territorial.

### **Implicacions dels resultats amb la gestió/planificació**

La finalitat d'aquest apartat és el de comparar la pèrdua del VSE de l'incendi ocorregut a finals de juliol de 2013 que afectà als municipis d'Andratx, Estellencs i Calvià (Fig. 2) amb els costos pressupostats en el *Pla de Restauració de la zona afectada* elaborat per la Direcció General de Medi Natural, Educació Ambiental i Canvi Climàtic de la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori del Govern de les Illes Balears. El Pla respon a l'article 50 de la Llei estatal 43/2003, de 21 de novembre, de monts (modificada per la llei 10/2006, de 28 d'abril), que estableix que els governs autonòmics han de garantir les condicions per a la restauració de àrees forestals afectades per incendis. Malgrat aquestes consideracions de partida que ja s'han exposat a l'aparat d'introducció s'ha comparat la pèrdua del VSE d'aquest incendi amb els costos pressupostats en el pla de recuperació de l'àrea cremada i ambdós presenten una considerable coincidència (al manco en quant a l'ordre de magnitud de la xifra econòmica) amb les accions destinades a la lluita contra l'erosió, desertificació i garantia de seguretat per a persones i béns del citat pla. És necessari remarcar que la pèrdua de VSE degut a l'incendi és un valor (de pèrdua) anual, és a dir, la pèrdua s'anirà

acumulant cada any sempre i quant no es duguin a terme accions de recuperació. La gran superfície afectada per l'incendi (2.400 ha) (Fig. 3) suposà una pèrdua estimada del VSE de -2.544.017 €/any (-3.303.918 \$ USA/ant) (Taula 2d).

El pla de restauració de l'incendi de 2013 s'organitza en 6 accions concretes i cadascuna presenta un cost estimat/pressupostat detallat. El cost pressupostat del pla complet és de 4.167.047 € i les accions en les que es divideix i el seu cost estimat són:

1) Garantia de seguretat per a persones i béns: es prioritza l'eliminació de la vegetació i elements inestables i amb risc de caiguda a fi de garantir un adequat manteniment de vials, esteses elèctriques, entorns urbans. El cost estimat d'aquesta acció és de 412.324 €. Aquesta acció es durà a terme sobre 205 ha amb un cost per ha de 2.008 €.

2) Lluita contra els processos erosius i desertificació: basat en la regeneració de la cobertura vegetal i el seu seguiment. És l'acció més immediata per a evitar i comprometre la futura regeneració de la zona afectada per l'incendi i comprèn tasques de tala d'arbres, construcció de feixines amb els troncs tallats i disposats d'acord amb les corbes de nivell i un seguiment i control dels processos erosius. El cost d'aquesta acció s'estima en 2.015.393 €. Es durà a terme a 850 ha amb un cost de 2.370 €/ha.

3) Regeneració de la vegetació: aquesta acció dependrà de la capacitat de regeneració natural condicionada també per l'acció anterior. S'inclouen tasques com el seguiment/monitoratge florístic, seguiment geològic (aspectes erosius), seguiment fitosanitari i selecció de les espècies a introduir d'acord amb les característiques de la vegetació existent i la preparació del terreny per a augmentar la infiltració i

humectació i evitar en lo possible l'escorrentia superficial per al correcte desenvolupament de les repoblacions. Aquesta acció té un pressupost de 229.178 €. Es durà a terme a 56 ha amb un cost de 4.075 €/ha.

4) Recuperació de cultius i infraestructures agràries: aquesta acció es basa en la recuperació de cultius, restauració de marjades i condicionament de vials rurals. El cost estimat d'aquesta acció és de 1.351.429 €.

5) Sanitat forestal: es desenvoluparà al llarg del perímetre de la zona afectada amb la finalitat d'evitar l'increment de les poblacions d'insectes, especialment els paràsits. També s'actuarà a zones interiors de l'àrea cremada a on es detectin casos de plagues. Les campanyes de control es faran coma mínim durant els 3 anys posteriors als incendis. Aquesta acció té un pressupost de 89.094 €.

6) Seguretat i salut: acció que es refereix als aspectes relacionats amb la seguretat i prevenció d'accidents laborals durant el desenvolupament de les tasques del pla. El cost pressupostat és de 69.628 €.

L'execució del pla no es contempla per a tota l'àrea afectada per l'incendi, només es pot dur a terme a aquells terrenys i finques en les que es pot actuar i en les que els serveis de l'IBANAT i/o empreses privades sota la supervisió de l'administració tenen permís d'entrada amb una autorització prèvia per via administrativa.

D'acord amb el pla de restauració acabat de descriure les tres primeres accions són determinants de cara a una regeneració correcta d'una zona afectada per un incendi a fi d'evitar l'erosió, procurar una regeneració vegetal adequada amb les característiques de l'àrea i amb garanties de seguretat tant per a les persones com per a béns i evitar possibles sinistres a l'àrea afectada. Aquestes accions

estan programades per a desenvolupar-se sobre unes 900 ha (aproximadament el 40% del total de l'àrea afectada per l'incendi) i tenen un cost programat de 2.636.895 €, una xifra molt aproximada als 2.544.017 € del VSE perdut de l'incendi de 2013 d'Andratx. Però cal esmentar de nou que el VSE es un valor anual, de manera que quan més tard es prenguin mesures de restauració (pla de recuperació), la pèrdua de VSE anirà augmentant cada any. Com a aspecte curiós, una notícia de premsa publicada al diari *Última Hora* el dimecres dia 3 de desembre de 2013 assenyalava que la recuperació de l'àrea afectada per l'incendi costaria precisament un mínim de 2.5 milions d'€, aquest cost mínim es va fer públic quan el Govern Balear va presentar el pla de restauració de les àrees cremades per l'incendi en qüestió puntualitzant que el cost de la recuperació total seria superior als 4 milions d'euros d'acord amb el pla acabat d'exposar.

Com a exemple proper d'un altra cas d'implicació de la VSE i la gestió, és el de Pinya de Rosa (Sardá, 2013), una àrea natural costanera de 101 ha d'extensió (84 ha terrestres, 17 ha marines) de la Costa Brava de Catalunya (Girona, costa NE de Catalunya). Pinya de Rosa és troba entre els municipis de Blanes i Lloret i es tracta de l'única àrea natural (no transformada) d'una àmplia franja costanera amb una elevada especialització en l'activitat turística i que ha vist transformat el seu territori com en el cas de les Balears. D'acord amb el recollit del treball de Sardá (2013), després de la mort dels propietaris originals a l'any 2002 l'àrea (sense transformar i sense estar protegida per cap regulació legal) es posà a la venda per 12 milions d'euros, tot seguit una plataforma social es posà en marxa per a promoure la preservació d'aquest espai mitjançant una figura de protecció. Dins dels treballs de

documentació per al recolzament de declarar Pinya de Rosa com a àrea protegida es va presentar un informe sobre el VSE realitzat amb el mateix mètode emprat en el present treball (Sardá *et al.*, 2002) en el que el valor estimat presentat fou de 474.008 €/any (4.693 €/ha/any). Finalment a l'any 2003, gràcies a la feina de la plataforma i a la voluntat de la Generalitat de Catalunya l'àrea es protegí (Llei 25/2003 de la Generalitat de Catalunya) amb la figura de protecció de major grau (*Paratge Natural d'Interès Nacional -PENIN-*). Després de la protecció la Generalitat va fer una oferta de compra de l'àrea d'entre 4 i 5 milions d'euros que va esser rebutjada pels hereus i en contra demanaren 24 milions (el doble del primer preu) com a compensació pels perjudicis de no poder transformar l'àrea arran de la protecció i per tant no treure'n profit. Finalment a l'any 2008 l'àrea es va comprar per 24 milions per un grup financer, les intencions dels quals es desconeixen, però en aquest cas, de moment, l'àrea es troba protegida. Com a missatge i/o lliçó d'aquest cas se'n desprenen dos fets: 1) l'ús d'estudis basats en VSE com a element d'ajuda a la presa de decisions i part essencial de la documentació adjunta per a demostrar els valors naturals d'una àrea i els valors que aquesta presta a la societat, i 2) la comparació entre el VSE i els preus de venda del terreny, cal dir que donat que el VSE és un valor anual, en termes de ben estar i oferiment de serveis a la societat en general, en 25 anys el VSE haurà assolit i el valor del primer preu de venda de 12 milions d'euros i en 50 anys assolirà el segon preu de venda de 24 milions d'euros. D'aquesta manera l'àrea es trobarà sense transformar ja que essent una àrea urbanitzable i un cop comprada per 12-24 milions aquesta es transformaria i ja no hi

hauria possibilitat de tornar enrere i que aquesta recuperés el seu estat natural inicial. Cal també recordar que el mètode emprat per a determinar el VSE de Pinya de Rosa dona valors estimats i segurament molt a la baixa de manera que els "anys d'espera" per a obtenir un benestar comú equiparable als preus de venda es reduirien considerablement.

Un altre exemple més proper a on el VSE va cobrar protagonisme encara que no es va fer un estudi específic és el derivat dels fets esdevinguts arrel del fondeig d'una embarcació de més de 100 m d'eslora sobre les praderes de *Posidonia oceanica* (fanerògama marina) de Formentera (Parc Natural de ses Salines d'Eivissa i Formentera) durant els dies 26 i 27 d'agost de 2011. L'àncora de l'embarcació i la cadena varen fer malbé una hectàrea de *Posidonia oceanica* (d'acord amb les mesures del biòleg marí Manu Sanfèlix). D'entre els nombrosos articles de premsa que es publicaren relatant aquests fets n'hem seleccionat tres (dos del Diari d'Eivissa, dies 10 i 28 d'agost de 2011 i un de El País de dia 17 d'agost de 2011. Consulteu a la bibliografia) que resumeixen els fets donant suficient informació. A l'article de El País s'informa de la Valoració dels Serveis dels Ecosistemes estimats per les praderes de fanerògames marines d'acord amb un estudi publicat a la revista Nature (sense especificar) segurament el de Costanza *et al.* (1997). El valor donat per l'article de premsa difereix una mica de l'observat del treball acabat de citar, però malgrat això dona una idea del VSE de cara al gran públic i es considera informació positiva. Davant el rebull mediàtic, el propietari de l'embarcació de luxe es va oferir a pagar la restauració d'acord amb el seu VSE i que al final es convertí en una oferta ferma d'entregar un donatiu a la plataforma ciutadana *Rescat*

*Immediat Posidonia* (RIP), acció que no quedà exempta de polèmica. En aquest cas creiem que la visió del VSE de la *Posidonia oceanica* es mostrava com a un valor de mercat i aquest no contempla (almenys a dia d'avui) el preu de recuperació de l'ecosistema, únicament dona un valor traduït en termes econòmics de les funcions positives per a la societat i a l'ecosistema en general la preservació d'un hàbitat. El problema continu del fondeig a les àrees costaneres de les Illes Balears que s'intensifica durant la temporada d'estiu, va cobrar una nova dimensió per al gran públic que fou la del VSE de les praderes de fanerògames marines i la intenció gairebé per part del propietari del vaixell de "pagar" els desperfectes causats al medi ambient davant el revolt mediàtic de la notícia i ja que aquest va entendre el VSE com a un preu de mercat. De manera que l'aprofundiment en aquests tipus d'estudis podria contribuir a taxar les sancions econòmiques com a compensació parcial de possibles desperfectes sobre el medi natural o si més no, de prendre més consciència del cost, assumit per tots, de la degradació del medi natural.

## Conclusions

La determinació de la pèrdua del Valor del Serveis dels Ecosistemes (VSE) degut als incendis forestals d'acord amb el mètode proposat per Brenner (2007) sobre l'àrea d'estudi de la Serra de Tramuntana de Mallorca després que entre els anys 2006 i 2013 experimenta una pèrdua estimada de -2.987.296 € (valor monetari no de mercat) amb una pèrdua mitjana del valor de -373.412 € anuals (taules 2a, 2b, 2c, 2d, Fig. 4). Els valor inicial de l'àrea d'estudi (àmbit de la Serra de Tramuntana de Mallorca) per a l'any 2006 s'estimava en

153.502.683 € (199.354.133 \$ USA) i el valor final l'any 2013, després del gran incendi de juliol de 2013 era de 150.515.386 € (195.474.527 \$ USA) (Fig. 4, valors en \$ USA) (Taula 2d). Cal remarcar que aquest darrer incendi que afectà als municipis d'Andratx, Estellencs i Calvià té un valor estimat de pèrdua de VSE de més de 2 milions d'Euros, de manera que propicia un augment notable de la mitjana anual de pèrdua estimada de VSE (Fig. 4).

Els resultats de pèrdua del VSE deriven d'una anàlisi aproximativa desenvolupada en aquest treball de manera que és una estimació del cost dels béns i serveis dels ecosistemes (segurament a la baixa) sense centrar-se en aspectes qualitius ja que el mètode aplicat per a l'escala d'anàlisi considerada pot ésser considerat massa generalitzat d'acord amb la diversitat d'hàbitats de la Serra de Tramuntana. De manera que aquest treball es podria considerar com a una contribució a la conscienciació social sobre la magnitud dels costos ambientals i poder evitar certes imprudències involuntàries sobre àrees naturals d'esbarjo o àrees protegides amb vivendes i/o urbanitzacions properes.

El darrer incendi tractat en aquest treball (l'ocorregut a finals de Juliol de 2013) (Fig. 3) és el de major superfície afectada i el que ha tingut una major repercussió social i mediàtic. A més a més, d'acord amb el mètode aplicat (malgrat la conveniència o no de l'escala d'anàlisi) el cost anual de la pèrdua del VSE presenta una certa coincidència parcial amb els costos pressupostats en el pla de recuperació de l'àrea de l'incendi. Concretament aquesta coincidència parcial és entre la pèrdua del VSE (amb un cost estimat de 2.657.297 €/any) i les tasques de recuperació i lluita contra els processos erosius, adequació del terreny i garantia de



seguretat per als béns i les persones, ara bé, aquests costos es remetent a una part de l'àrea afectada per l'incendi (aprox. 40% amb un cost pressupostat de 2.636.895 €).

Pel que fa a possibles aplicacions d'aquest treball amb aspectes de gestió, cal dir que, d'acord amb els resultats obtinguts, el valor econòmic (inversió necessària) en termes absoluts, de la recuperació del medi natural, és considerablement inferior que la xifra econòmica (valor no de mercat) de la pèrdua del VSE ja que aquest darrer és un valor anual. De manera que, i almenys per aquest cas, es podria assegurar que el fet de no actuar sobre la recuperació del medi té un costos molts més elevats que procurar una inversió en forma de pla de recuperació ambiental per costós que aquest pugui ésser. És per això que els treballs de VSE, amb una metodologia més acurada a les característiques dels tipus de cobertura locals tenint en compte les particularitats de la fragilitat i singularitat dels hàbitats i ecosistemes a fi i efecte d'ajustar un valor econòmic per ha, es podrien tenir en compte en cas d'alteració de les cobertures del sòl (p.e. incendis forestals) com a cost preliminar inicial a tenir en compte per a adequar les àrees afectades per a una correcte regeneració. És precís la realització d'estudis addicionals sobre cost del VSE *Vs* incendis forestals, aplicant un mètode de la mateixa naturalesa que el del present treball a diverses zones pilot amb escales espacials i temporals diferents.

També seria necessària la comprovació, amb altres incendis, en els que també s'ha elaborat un pla de recuperació i per tant comparar la pèrdua del VSE de la zona afectada amb el pressupost del pla i també el cost econòmic real de la recuperació. L'establiment d'una relació entre pèrdua de valor del VSE i els costos de recuperació d'àrees cremades podria facilitar certes

tasques de gestió i la selecció precisa d'àrees a preservar.

L'elevada magnitud de l'incendi de 2013 respecte als dels 7 anys anteriors es pot observar a la Fig. 4 i Taules 2a, 2b, 2c i 2d, el cost del VSE només suposa una pèrdua del -1,7% del total de l'àrea d'estudi (Taula 2d).

Malgrat la grandesa d'aquell incendi, el percentatge estimat de pèrdua és relativament baix demostrant-se l'enorme riquesa i varietat dels hàbitats i ecosistemes de la Serra de Tramuntana i indirectament dona un cop d'atenció a la necessitat de la seva conservació a través d'una gestió activa, vigent i proactiva a les unitats fisiogràfiques més representatives de la nostra comunitat.

Dels resultats obtinguts i de la interpretació de la variació dels VSE degut als incendis es desprèn que d'acord amb la importància natural de l'àmbit de la Serra de Tramuntana es necessària la seva consideració des d'una perspectiva integradora mitjançant iniciatives basades en els conceptes de Gestió Integrada de Zones Costeres i Marines (GIZC) i de Custòdia del Territori. Ambdós tipus d'iniciatives tenen el denominador comú de garantir la sostenibilitat del territori sense sacrificar les possibilitats de desenvolupament econòmic centrant la inversió en la protecció dels valors naturals i paisatgístics que configuren els pilars principals de la consideració de la Serra de Tramuntana com a Paisatge Cultural de la UNESCO.

## Referències

- Aburto-Oropeza O., Ezcurra E., Danemann G., Valdez V., Murray J. i Sala E. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 105: 10456-10459.
- Balaguer, P. 2007. Inventari quantitatiu de les costes rocoses a Mallorca. *In*: Pons, G.X.,

- Vicens, D. (Edits.). Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. Palma de Mallorca, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 201-230.
- Balaguer, P., Carreras, D., Diedrich, A., Espeja, S., Bardolet, M. i Tintoré, J. 2013. Àrea de sòl i mar protegida per una regulació legal a l'illa de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 56: 177-198.
- Bastian, O., Syrbe, R.U., Rosenberg, M., Rahe, D., i Grunewald, K. 2013. The five pillar EPPS framework for quantifying, mapping and managing ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4: 15-24.
- Bioatles. 2014. Visor cartogràfic de distribució d'espècies de flora i fauna de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori, Govern Balear. Disponible a: <http://bioatles.caib.es/serproesfront/VisorSerVlet>
- Brenner-Guillermo, J. 2007. *Valuation of ecosystem services in the Catalan coastal zone*. Marine Engineering Laboratory [Laboratori d'Enginyeria Marítima] of the Polytechnic University of Catalonia [Universitat Politècnica de Catalunya]. Phd, Unpublished. 178 pp.
- Brenner, J., Jiménez, J.A. i R. Sardá. 2006. Definition of Homogeneous Environmental Management Units for the Catalan coastal zone. *Environmental Management*, 38: 993-1005.
- Brenner, J., Jiménez, J.A., Sardá, R., i Garola, A. 2010. An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain. *Ocean & Coastal Management*, 53: 27-38.
- Casesnoves, A. i Vilà, M. 1999. Regeneració del càrritx a les franges de protecció contra incendis al Parc Natural del Garraf. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 67: 141-149.
- Costanza, R. i Folke, C. 1997. Valuing ecosystem services with efficiency, fairness, and sustainability as goals. In: Daily, G.C. (Ed.): *Nature's Services*. Island Press. Washington: 49 - 68.
- Costanza, R., d'Argue, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. i van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Consell Insular de Mallorca. 2014. *Informació i memòria de la candidatura de la Serra de Tramuntana com a Patrimoni Mundial UNESCO*. Disponible a: <http://www.serradetramuntana.net/>.
- De Groot, R. 1992. *Functions of Nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters-Noordhoff, Netherlands, 315 pp.
- De Groot, R. 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75: 175-186.
- Diario de Ibiza. 2011. El fondeo puede acabar en tres años con la posidonia de Formentera. Article publicat el 10/08/2011 de Josep Rubió. Disponible a: <http://www.diariodeibiza.es/pitiuses-balears/2011/08/10/fondeo-acabar-tres-anos-posidonia-formentera/500131.html>.
- Diario de Ibiza. 2011. El "Turama" ofrece un donativo al movimiento Rescat Inmediat Posidonia (RIP). Article publicat el 28/08/2011. Disponible a: <http://www.diariodeibiza.es/pitiuses-balears/2011/08/28/turama-ofrece-donativo-movimiento-rescat-inmediat-posidonia/503468.html>
- El País. 2011. Los yates amanzan uno de los grandes tesoros del Mediterráneo. Article publicat el 17/08/2011 de Manu Menéndez. Disponible a: [http://elpais.com/diario/2011/08/17/sociedad/1313532003\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/08/17/sociedad/1313532003_850215.html)
- Farber, S., R. Costanza, D.I. Childers, J. Erickson, K. Gross, M. Grove, C.S. Hopkinson, J. Kahn, S. Pinceti, A. Troy, P. Warren, i M. Wilson. 2006. Linking ecology and economics for ecosystem management. *BioScience*, 56: 117-129.
- Gelabert, B. 1997. *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE). Colección memorias. 129 pp.

- González-Olabarría, J.R., Brotons, L., Gritten, D., Tudela, A. i Teres, J.A. 2012. Identifying location and causality of fire ignition hotspots in a Mediterranean region. *International Journal of Wildland Fire*, 21 (7): 905-914.
- IBESTAT. 2014. Institut Balear d'Estadística. Padrans de Població. Disponible a: <http://ibestat.caib.es/ibestat/estadistiques/poblacio>
- Keeley, J.E., Bond, W.J., Bradstock, R.A., Pausas, J.G. i Rundel, P.W. 2012. *Fire in mediterranean ecosystems. Ecology, evolution and management*. Cambridge University Press. 522 pp.
- Papió, C. 1994. *Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies*. Institut d'Estudis Catalans. Arxiu de la Secció de Ciències, 108. Barcelona. 292 pp.
- Lloret, F. 2004. Régimen de incendios y regeneración. In: Valladares, F. (Ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF S.A.: 101-126.
- Maes, J., Egoh, B., Willemsen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J.P., Grizzetti, B., Drakou, E. G., La Notte, A., Zulian, G., Bouraoui, F., Paracchini, M.L., Braat, L. i Bidoglio, G. 2012. Mapping ecosystem services for Policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1: 31-39.
- Mayol, J. 2010. Geografia i història dels espais naturals protegits a les Illes Balears. In: Mayol, J., Muntaner, Ll. i Rullan, O. (Eds). *Homenatge a Bartomeu Barceló i Pons*, geògraf. Leonard Muntaner Editor. 637-654.
- Mumby P.J., Edwards A.J., Arias-González J.E., Lindeman K.C., Blackwell P.G., Gall A., Górczyska M.I., Harborne A.R., Pescod C.L., Renken H., Wabnitz C.C. i Llewellyn G. 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427: 533-436.
- Pausas, J.G. 2012a. *Incendios forestales*. Colección ¿Qué sabemos de?. Ed Catarata-CSIC, Madrid. 112 pp.
- Pausas, J.G. 2012b Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change*, 110: 215-226.
- Pausas, J.G. i Paula, S. 2012. Fuel shapes the fire climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 21: 1074-1082.
- Rullan, O. 2002. *La construcció territorial de Mallorca*. Monografies Científiques. Editorial Moll. Palma de Mallorca. 435 pp.
- Sardá, R. i col·laboradors. 2002. *L'Espai Natural de Pinya de Rosa: informe científic*. Generalitat de Catalunya. 179 pp.
- Sardá, R., Balaguer, P., Brenner, J., Tintoré, J. i Jiménez, J.A. 2009. Valoración de los servicios de los ecosistemas en las zonas costeras de las CCAA de Cataluña y las Islas Baleares. Actes del 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA9), 2008. 22 pp. Disponible a: [http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2740\\_RSard%E1.pdf](http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2740_RSard%E1.pdf)
- Sardá, R., Rossi, S., Martí, X. i Gili, J.M. 2012. Marine Benthic cartography of the Cap de Creus (NE Catalan Coast, Mediterranean Sea). *Scientia Marina*, 76 (1): 159-171.
- Sardá, R. 2013. Ecosystem Services in the Mediterranean Sea: the need for an economic and business oriented approach. In: Hughes, T.B. (ed.): *Mediterranean Sea*, Chapter 1: 1, 33.
- Schägner, J.P., Brander, L., Maes, J. i Hartje, V. 2013. Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem services*, 4: 33-46.
- Troy, A. i M.A. Wilson. 2006. Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*, 60: 435-449.
- Última Hora Mallorca. 2013. La recuperación de la zona de la Serra de Tramuntana calcinada cuesta 2,5 millones. Article publicat el 14/10/2013 per Teresa Ayuga. Disponible a: <http://ultimahora.es/sucesos/ultimas/2013/10/14/110316/recuperacion-zona-serra-tramuntana-calcinada-cuesta-millones.html>



## 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://dgcpea.caib.es/index.ca.htm>
- Referència web: Google maps. 2009. <http://maps.google.es>

L’extensió màxima de l’article serà de 20 pàgines. La Junta de Publicacions se reserva la possibilitat excepcional de publicar articles més extensos.

Les taules aniran precedides del seu peu de pàgina. No s’utilitzaran superíndexs.

Les il·lustracions han d’estar citades al text, han de ser necessàries per la correcta interpretació dels resultats del treball, incloent-ne el mínim possible. No han de ser redundants.

- Al text, les figures (mapes, gràfiques, làmines, fotografies,...) han de numerar-se correlativament mitjançant Fig. 1, Fig. 2,... En cas de figures que incloguin varies parts, s’anomenaran A, B, C, D,... quedant reflectit què és cadascuna al peu de figura, i essent citades totes les parts al text (Fig. 1A, Fig. 1B,...; ò Fig. 1A,B, Fig. 1B,D; ò Fig. 1A-D,...). Per a les taules (taules, quadres, llistes...), Taula 1, Taula 2,...
- La seva mida ha d’ajustar-se a la caixa del Bolletí (18 x 12,5 cm) o preveure (especialment per als retolats interiors) la possibilitat d’ampliacions o reduccions. La publicació d’il·lustracions de format no ajustable a la caixa del Bolletí anirà a càrrec dels autors, així com les figures en color.



- Les il·lustracions es presentaran preferentment en format digital [.tiff] de resolució 300 ppp, i separades del text general. S'acceptarà format [.jpg] d'alta resolució si la qualitat d'impressió és similar a la anteriorment esmentada.
- En cas de gràfiques o figures creades amb software que no permeti exportació directa a format [.tiff] (p.e. Microsoft Excel), s'enviarà en el format típic de dit software (p.e. format [.xls]), mai incrustada al manuscrit.
- Els peus de figura es presentaran de forma consecutiva i inclosos en l'arxiu de text. Estaran redactats en la llengua del treball i en anglès (aquest darrer en *cursiva*).
- En el text general es pot d'indicar la situació en la que, segons els autors, s'hauria d'intercalar cada taula o figura.

Cada treball es remetrà, per al seu arbitratge, a dos especialistes en la matèria corresponent, que assessoraran la Junta de Publicacions. La decisió final de la publicació d'un article és responsabilitat exclusiva de la Junta de Publicacions.

Els treballs es publicaran segons rigorós ordre d'acceptació.

L'autor de correspondència que s'hagi indicat rebrà:

- Per correu electrònic, la confirmació de la recepció del manuscrit per part de l'editorial del Bolletí.
- Una prova d'impremta per a la correcció d'errates i, després de la publicació de l'article.

Els originals de cada article quedaran en propietat de la Societat d'Història Natural de les Balears.

L'acceptació de les anteriors normes i de les indicacions de la Junta de Publicacions és imprescindible per la publicació en el *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*.

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

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

**Editado por:** Guillem X. Pons  
**Contacto:** [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org)  
C/ Margarida Xirgu, 16 baixos.  
07011-Palma de Mallorca. Illes Balears (Spain).  
**ISSN:** 0212-260X  
**Frecuencia:** Anual

El *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* publica trabajos científicos originales sobre Historia Natural en sentido amplio, con especial énfasis en la región del Mediterráneo occidental.

Se recomienda a los autores la lectura del último número del *Bolletí* para una orientación general sobre el estilo y presentación formal. De cualquier forma, los trabajos estarán estructurados en apartados y se ajustarán a las siguientes normas:

### Normas generales

Todo manuscrito se presentará en forma de un único archivo de texto que contendrá, por orden:

- Página inicial, que incluirá: Título, Título abreviado, Autor/es y Adscripción del autor/es.
- Página de resúmenes, que incluirá: Resumen en la lengua de redacción del trabajo, Resumen en catalán, Resumen en inglés. Cada resumen irá acompañado de las Palabras clave.
- Manuscrito, iniciándose en una nueva página, y que incluirá de forma continua los siguientes apartados: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión (que puede juntarse con los resultados en un único apartado), Agradecimientos, Referencias citadas.
- Pies de las figures, iniciándose en una nueva página y todos seguidos. Se redactarán en la lengua usada en el manuscrito y seguidamente en inglés.
- Tablas, cada cual precedida del Pie de tabla correspondiente, incluyendo una tabla por página. Los pies se redactarán en la lengua usada en el manuscrito i seguidamente en inglés.

- En caso de incluir apéndices o material adjunto, este irá al final del archivo y cada uno empezará en una página distinta.

Se incluirá el número de página en todo el manuscrito, en el margen superior derecho. En ningún caso se incluirán figuras en el archivo de texto. Las figuras se presentarán en archivos individuales nombrados “Fig\_1”, “Fig\_2”, etc.

Para las tablas, figuras, dimensiones del trabajo, etc., téngase en cuenta que la caja del *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* es de 18 x 12,5 cm.

### **Normas específicas**

Cada manuscrito (y archivos de texto adjuntos) se presentará en formato digital no protegido, en Microsoft Word [.doc] o cualquier otro editor de texto compatible. También se podrá presentar en formato de texto enriquecido [.rtf].

El manuscrito y material adjunto puede remitirse:

- Por correo electrónico, a la dirección [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org). Desde esta dirección se enviará una confirmación de la recepción del manuscrito.
- Grabado en un CD o DVD y enviado por correo regular a la SHNB: Calle Margarida Xirgu, 16 bajos. 07011-Palma de Mallorca. Illes Balears. España.
- En papel, enviado a la dirección postal anterior. Se presentará, para cada uno de los manuscritos, un original y dos copias, en hojas DIN A4, mecanografiadas por una sola cara, a doble espacio y con un máximo de 70 caracteres por línea y 30 líneas por página.

La tipografía utilizada en el texto debe ser la siguiente:

- Interlineado simple, justificado a la izquierda y con un margen mínimo de 2,5 cm en todos los lados. Paginación continua sin ningún tipo de edición.
- Texto general: redondas, fuente Times New Roman, tamaño de fuente 10 puntos.
- Especies y géneros: *cursiva*.
- Resúmenes y palabras clave: tamaño de fuente 9 puntos. Palabras clave en *cursiva* (especies y géneros redondas).
- Apartados: minúsculas (tipo oración) y **negrita**, tamaño de fuente 11 puntos, separados una línea del texto. Únicamente serán, y en este orden: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión (o Resultados y discusión), Agradecimientos, Referencias citadas y Apéndices.
- Subapartados (reducidos al mínimo imprescindible): los primeros en minúsculas (tipo oración) y **negrita**, tamaño de fuente 10 puntos. Los segundos en minúsculas (tipo oración) y **negrita**, tamaño de fuente 10 puntos. En todos los casos el texto empezará en la línea siguiente al título del subapartado.

El texto puede estar redactado en cualquier lengua moderna.

- Se recomienda la no utilización de términos políticos (vgr. España, Cataluña), en favor de los geográficos (vgr. Península Ibérica, Mediterráneo occidental).

Los táxones o sintáxones deben ir acompañados de los autores de la descripción o combinación la primera vez que se citan en el texto.

Los latinismos y anglicismos irán siempre en *cursiva*, incluyendo abreviaciones (p.e. *et al.*, *foredune*, *in situ*).

En la página inicial de cada manuscrito, en párrafos separados y en este orden, debe constar:

- Título (tamaño de fuente 14 puntos, **negrita**).
- Título abreviado, que la editorial del *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* colocará en el encabezado de las páginas del trabajo (tamaño de fuente 10 puntos).
- Nombre completo del autor/es, seguido del primer apellido en MAYÚSCULAS (tamaño de fuente 12 puntos), en el orden en que firmen el trabajo. Si el autor así lo desea, puede incluirse también el segundo apellido uniéndolo al primero mediante un guión. No se utilizarán superíndices.
- Nombre completo y dirección postal de cada uno de los autores (tamaño de fuente 9 puntos), separados por punto y seguido. Debe indicarse un autor de correspondencia, incluyendo necesariamente una dirección de correo electrónico del mismo.

En la página de resúmenes, y por este orden, en resumen en la lengua del trabajo, en catalán (si corresponde) y en inglés (si corresponde), (tamaño de fuente 9 puntos, sin poner el título en estos apartados). El/los resumen/es en lengua diferente a la del trabajo contendrán el título del trabajo en MAYÚSCULAS en la primera oración, iniciándose el resumen después de un punto y seguido. Ninguno de los resúmenes superará las 250 palabras. No incluirá puntos y aparte. Se evitará utilizar referencias. Los resúmenes deben ser claros, concisos y deben especificar el interés del trabajo para la comunidad científica, así como las principales conclusiones obtenidas.

- Seguirá a todos los resúmenes un párrafo iniciado por “*Palabras clave:*”, seguido de 3 a 9 palabras clave en *cursiva*, separadas por punto y coma (;) y que reflejarán el contenido del trabajo.

En el apartado de Material y métodos se incluirá, el *software* e instrumentos específicos utilizados: nombre/modelo, marca, ciudad y país.

Nomenclatura y unidades: siempre las del Sistema Internacional (<http://www.bipm.org/en/si>), y utilizando las normas para abreviaturas y símbolos de la IUPAC-IUBMB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (<http://www.iupac.org>).

Referencias dentro del texto: se ordenarán por orden cronológico, de la más antigua a la más moderna. Las citas con uno o dos autores (o las de más autores con el mismo primer autor) que coincidan en el año se diferenciarán añadiendo letras minúsculas al año (a, b, c...) sin espacio.

Las citas se realizarán de la forma habitual: "...establecida por Bourrouillh (1973)"; "...según Colom (1978a)..."; "...son componentes habituales de esta fauna (Adrover *et al.*, 1977)."; "Se han propuesto nuevos modelos de especiación (Dieckmann y Dobeli, 1999; Gavrilets y Vose, 2007),...".

Las referencias citadas en el trabajo se incluirán en el apartado de Referencias citadas. Compruébese que todas las citas que aparecen en el texto aparecen en este apartado y viceversa. Las referencias se listarán de forma alfabética según apellido del primer autor. En caso de coincidencia se ordenarán por año (primero el más antiguo). Téngase en cuenta el punto anterior si persiste la coincidencia. El formato de las referencias en el listado será según:

- Artículos en revistas: Vericad, M., Stafforini, M. y Torres, N. 2003. Notes florístiques de les Illes Balears (XVII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 145-151.
- Libros y otras publicaciones no periódicas: Brown, J.H. y Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland. 692 pp.
- Contribuciones a jornadas o libros con editor: Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P., Roig-Munar, F.X. y Estaún, I. 2004b. Avaluació de l'estat dels sistemes dunars de Menorca. In: Pons, G.X. (ed.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.
- Obras completas: Castroviejo, S. (coord.). 1984-2009. *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico de Madrid, C.S.I.C. Madrid.
- Trabajos inéditos o tesis doctorales: Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesis Doctoral, 2 vols. Universitat de les Illes Balears. **Inédito**.
- Referencia revista digital: Mayol, J., Oliver, J., Ramos, I., Fortesa, V. y Muntaner, J. (eds.). 2006. *CiberEspècies. Bolletí electrònic del Servei de Protecció d'Espècies*, 17. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. <http://dgcapea.caib.es/index.ca.htm>
- Referencia web: Google maps. 2009. <http://maps.google.es>

La extensión máxima del artículo será de 20 páginas. La Junta de Publicaciones se reserva la posibilidad excepcional de publicar artículos más extensos.

Las tablas irán precedidas de su pie de página. No se utilizarán superíndices.

Las figuras deben estar citadas en el texto y deben ser necesarias para la correcta interpretación de los resultados del trabajo, incluyendo el mínimo posible. No deben ser redundantes.

- En el texto, las figuras (mapas, gráficos, láminas, fotografías,...) deben numerarse correlativamente como Fig. 1, Fig. 2,... En el caso de figuras que incluyan varias partes, se indicarán como A, B, C, D,... quedando indicado que es cada cual en el pie de figura, y estando citadas todas las partes en el texto (Fig. 1A, Fig. 1B,...; o Fig. 1A,B, Fig. 1B,D; o Fig. 1A-D,...). Para las tablas (tablas, cuadros, listas...), Tabla 1, Tabla 2,...
- Sus dimensiones deben ajustarse a la caja del *Bolletí* (18 x 12,5 cm) o prever (especialmente para las incluidas en el texto) la posibilidad de ampliaciones y

reducciones. La publicación de figuras de formato no ajustable a la caja del *Bolletí* irá a cargo de los autores, así como las figuras o tablas en color.

- Las figuras se presentarán preferentemente en formato digital [.tiff] de resolución 300 ppp, y separadas del texto general. Se aceptará formato [.jpg] de alta resolución si la calidad de impresión es similar a la anteriormente indicada.
- En el caso de gráficos o figuras creadas con software que no permita exportación directa a formato [.tiff] (p.e. Microsoft Excel), se enviarán en el formato típico de dicho software (p.e. formato [.xls]), nunca incrustadas en el manuscrito.
- Los pies de figura se presentarán de forma consecutiva y incluidos en el archivo de texto. Estarán redactados en la lengua del trabajo y en inglés (este último en *cursiva*).
- En el texto general se puede indicar la situación en la que, según los autores, debería intercalarse cada tabla o figura.

Cada trabajo será remitido, para su revisión, a dos especialistas en la materia correspondiente, que asesorarán a la Junta de Publicaciones. La decisión final de la publicación de un artículo es responsabilidad exclusiva de la Junta de Publicaciones.

Los trabajos se publicarán según riguroso orden de aceptación.

El autor de correspondencia indicado recibirá:

- Por correo electrónico, la confirmación de la recepción del manuscrito por parte de la editorial del *Bolletí*.
- Una prueba de imprenta para la corrección de erratas y, después de la publicación del artículo.

Los originales de cada artículo quedarán en propiedad de la Societat d'Història Natural de les Balears.

La aceptación de las anteriores normas y de las indicaciones de la Junta de Publicaciones es imprescindible para la publicación en el *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*.

## Author guidelines for the *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

**Edited by:** Guillem X. Pons  
**Contact:** [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org)  
C/ Margarida Xirgu, 16 baixos.  
07011-Palma de Mallorca. Illes Balears (Spain).  
**ISSN:** 0212-260X  
**Frequency:** Anual

### Statement of scope

The *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* publishes original works on natural history in a broad sense, with special emphasis on the Western Mediterranean region.

Authors are recommended to check on the last issue of the *Bolletí* for style and formal presentation. In any case, it is advisable to break down manuscripts into sections following the instructions below:

### Main guidelines

Each manuscript (MS) will be submitted as a single text file containing, in this order:

- First page, including: Title, Running title, Author/s and Author's adscription.
- Abstracts page: Abstract in the MS language, Abstract in Catalan, Abstract in English. Each abstract will be followed by Keywords.
- MS text, starting in a new page, and including in a continuous fashion: Introduction, Materials and methods, Results, Discussion (which can be combined in a single "Results and discussion" section), Acknowledgements, Reference list.
- Figure legends, in a new page each. They should be written in the MS language followed by its English translation when needed.
- Tables, each one in a single page, followed by its legend, written in the MS language and followed by its English translation when needed.
- If appendices or attached material should to be included, it will appear at the end of the MS, starting each section in a new page.

Page numbers should be included in top right margin for the entire MS. Figures should not be included in the MS file and should be submitted as separate files named as “Fig\_1”, “Fig\_2”, etc., following the order discussed in the text.

For tables, figures, MS dimensions, etc., notice that the dimensions of the *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* box are 18 x 12,5 cm.

### **Specific guidelines**

Each of the works (MS and attached text files) should be submitted in non-protected digital format, in Microsoft Word [.doc] or any other compatible text editor. Rich text format [.rtf] is also accepted.

MS and attached files should be sent:

- By e-mail, to the address [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org). Corresponding author will receive confirmation of the submission from this address.
- In a CD o DVD, sent by regular mail to the SHNB: Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. E-07011. Palma de Mallorca. Illes Balears. Spain.
- In paper format, sent to the mail address above. Authors must include the original MS and two copies on DIN A4 sheets, typed on one side, double spaced, and with a maximum of 70 characters per line and 30 lines per page.

Typesetting for the text will be the following:

- Single-spaced, left justified margin in all the MS, leaving 2,5 cm margin on all sides. Continuous pagination without any edition is required.
- General text: roman standard type, font Times New Roman, size 10.
- Species and genera: *italics*.
- Abstracts and keywords: size font 9. Keywords in *italics* (then species and genera in roman standard type).
- Headings: small case (sentence-style) and **bold**, size font 11. Text starts two lines below the heading. Included headings and order must always be: Introduction, Material & methods, Results, Discussion (or Results and discussion), Acknowledgements, Reference list, and Appendix.
- Subheadings (as few as possible): first ones in small case (sentence-style) and **bold**, size font 10. Second ones in small case (sentence-style) and *italics*, size font 10. In all cases, text starts in the line below the subheading.

Text can be written in any modern language.

- Geographical terms (e.g. Iberian Peninsula, Western Mediterranean) are encouraged in preference to political ones such as Spain.

Taxa and sintaxa must be followed by their correspondent authors the first time they appear in the text.



Latin terms, or terms in a language other than the used in the MS, will always be in *italics*, including abbreviations (i.e. *et al.*, *foredune*, *in situ*).

In the first page of each MS, in separate paragraphs and in the following order, authors must include:

- Title (sentence-style, centered, size font 14, **bold**).
- Running title, that the *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* editorial will place in the top of the pages (size font 10).
- Full spelled name(s) of author(s), followed by the surname in CASE (size font 12), in the desired authorship order. If desired, second surnames can be included if added to the first one with a hyphen. No superscript will be used.
- Complete name and postal address of all authors (size font 9), separated by a full end. Corresponding author must be indicated, always including the corresponding e-mail address for contact.

In the abstracts page, and in the following order: abstract in the MS writing letter, abstract in Catalan (if needed) and abstract in English (if needed) (size font 9, without including “Abstract” heading). Abstracts in language different than the MS writing one will include, as the first sentence and in CASE, the title of the MS. Abstract will start after full stop. Any abstract will exceed 250 words. It must be written in a single paragraph. References must be avoided. Abstracts must be clear, concise, and inform about the interest of the presented work for the scientific community, as well as main conclusions obtained.

- All abstracts will be followed by a paragraph starting with “**Keywords:**”, and 3 to 9 keywords in italics, separated by semicolon (;) and reflecting the contents of the work.

Material and methods section will include name/model, brand, city and country of all used software and specific instruments.

Nomenclature and units: always following the International System (<http://www.bipm.org/en/si>), and using rules, abbreviations and symbols of the IUPAC-IUBMB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (<http://www.iupac.org>).

References into the text: in chronological order, from oldest to newest. Citations with one or two authors (or more authors but with the same first author) coinciding in the publication year, will be distinguished adding small case letters (a, b, c,...) without blank.

Citations in the text will follow: “...stablished by Rodríguez-Perea (1990)”;

“...following Margalef (1978a)...”;

“...are common components of this fauna (Adrover *et al.*, 1977).”;

“New models of speciation have been postulated (Dieckmann and Dobeli, 1999; 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 floristiques de les Illes Balears (XVII). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 145-151.
- Books and non-periodical publications: Brown, J.H. and Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland. 692 pp.
- Meeting contributions or books with editor: Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P., Roig-Munar, F.X. and Estaún, I. 2004b. Avaluació de l'estat dels sistemes dunars de Menorca. In: Pons, G.X. (ed.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.
- Complete works: Castroviejo, S. (coord.). 1984-2009. *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico de Madrid, C.S.I.C. Madrid.
- Unpublished works or PhD thesis: Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesi Doctoral, 2 vols. Universitat de les Illes Balears. **Unpublished**.
- Digital journals and publications: Mayol, J., Oliver, J., Ramos, I., Fortesa, V. and Muntaner, J. (eds.). 2006. *CiberEspècies. Bolletí electrònic del Servei de Protecció d'Espècies*, 17. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. <http://dgcapea.caib.es/index.ca.htm>
- Web references: Google maps. 2009. <http://maps.google.es>

The maximum length of the MS will be 20 pages, although the Editorial Committee can decide to publish eventually longer works.

Each table will be followed by the corresponding footnote. No superscript will be used.

Figures must be cited in the text, must be needed to correctly interpret the results, and must be as few as possible. No repeated data should be presented in tables and figures.

- In the text, figures (maps, plots, laminas, photographs,...) must be correlatively numbered following: Fig. 1, Fig. 2,... In case of including several parts, include A, B, C, D,... with explicit explanation for each one in the footnote or legend. They all must be cited in the text (Fig. 1A, Fig. 1B,...; ò Fig. 1A,B, Fig. 1B,D; ò Fig. 1A-D,...). For tables (tables, boxes, lists...), Table 1, Table 2,...
- Figure dimensions must fit the *Bolletí* (18 x 12,5 cm) or anticipate (specially for figures to be included in the text) the possibility for extension or reduction. Publication of figures not fitting the *Bolletí* dimensions will be paid by the authors, as well as colour printings
- Figures will be submitted in digital format, with [.tiff] format preferred and 300 dpi, and always separated from the text file. High resolution [.jpg] will be accepted if printing quality is similar to the former one.
- In case of figures created in a software not allowing direct export to [.tiff] format (e.g. Microsoft Excel), original software format file including the figure will be sent (e.g., the [.xls] file). It will never be embedded in the MS text file.

- Figure legends will be presented consecutively, and included in the text file. They will be written in the MS language and in English (in *italics*), if needed.
- In the text, authors can indicate the desired position for each of the tables and figures.

For a review, each work will be sent to two specialists that will assess the Editorial Committee. Final decision for a work publication is always responsibility of the Editorial Committee.

Works will be published in strict acceptance order.

Correspondence author will receive:

- By e-mail, la confirmation of the work reception by the Editorial Committee of the *Bolleti*.
- A printproof copy for *erratum* correction and, after publication of the paper.

Original documents will remain as property of the Societat d'Història Natural de les Balears.

Acceptation of all the guidelines above and the indications of the Editorial Committee is essential for publishing in the *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*.



<b>Vicens, D.</b> Els jaciments de platja pleistocens entre cala Mesquida i cala Roja (Capdepera, Mallorca, Mediterrània occidental). <i>Quaternary beach deposits in Capdepera between cala Mesquida and cala Roja (Mallorca, western Mediterranean) ... ..</i>	141
<b>Fraga, P.</b> Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (X). Notes florístiques <i>Notes and contributions to the flora of Menorca (X). Floristic records ...</i>	161
<b>Gómez-Pujol, L.</b> Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears). <i>Observations on summer sea breeze in Eastern Mallorca (Balearic Islands) .....</i>	191
<b>Balaguer, P., Galán, Y. i Sardà, R.</b> Assaig de quantificació de la pèrdua del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) degut als incendis forestals: exemple pilot de la Serra de Tramuntana (Mallorca, Illes Balears). <i>Testing the change of the value of ecosystem service value (ESV) due to forest fires: pilot example of Serra de Tramuntana (Mallorca, Balearic Islands) .....</i>	203

## Altres

Normes de Publicació del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .. .	227
Normas de Publicación del <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .. .	232
Publication rules of the <i>Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears</i> . .. .	237

Els articles apareguts en el *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* estan recollits en els següents resums i bases de dades: SCOPUS, ICYT, PASCAL, GEOREF, GEOBASE, BIOSIS, ENVIRONMENT ABSTRACTS, ENVIROLINE, GEOLOGICAL ABSTRACTS, ZOOLOGICAL RECORD

## INDEX

### Editorial

- Pons, J. i Bover, P.** Eines genètiques i evolutives per a la descripció de la diversitat biològica.  
*Genetic and evolutionary tools for the description of biological diversity* ..... 9

### Articles

- Ferratges, F.A., Ortega, G., Fernández, M., Eduvigis Moreno, E. y Maza, L.M.** *Periacanthus tetracornis* (Crustacea, Decapoda), nueva especie del Eoceno inferior de Huesca (Aragón, España).  
*Periacanthus tetracornis (Crustacea, Decapoda), new species from the Lower Eocene of Huesca (Aragón, Spain)* ..... 37
- Martorell, M.** Morfogènesi i evolució dels codolats del Coll Baix, sa Calobra i Cala Tuent (Mallorca).  
*Morphogenesis and evolution of the pebble beaches of Coll Baix, Sa Calobra and Cala Tuent (Mallorca)* ..... 55
- Mir-Gual, M., Pons, G.X., Gelabert, B., Martín-Prieto, J.Á. and Rodríguez-Perea, A.** Conservation approach of a front dune system through the study of its blowouts (Cala Agulla, Mallorca)  
*Aproximació a la conservació d'un sistema dunar a través dels seus blowouts (Cala Agulla, Mallorca)* ..... 79
- Gil, L. i Seguí, J.** Diversitat florística de l'Àrea Natural d'Espècial Interès del Cap de Cala Figuera-Refeubeig i àrea d'influència (Calvià-Mallorca).  
*Floristic diversity of the cala Figuera's cape and Refeubeig ANEI and influenced area (Calvià-Mallorca)* ..... 105
- Juárez, J.** *Cymatium (Monoplex) trigonum* (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, nuevo registro de fauna 'senegalesa' en el OIS 5e de la isla de Mallorca (Islas Baleares, España).  
*Cymatium (Monoplex) trigonum (Gmelin, 1791), Gastropoda Tonnoidea, new record for 'senegalese' fauna in the OIS 5e of the Mallorca Island (Balearic Islands, Spain)* ..... 129
- Petitpierre, E.** *Colaphellus sophiae* (Schaller), nuevo género y nueva especie para la fauna ibero-balear (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae).  
*Colaphellus sophiae (Schaller), new genus and new species for the Ibero-Balearic fauna (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae)* ..... 137

(segueix al dors)