



Des dels inicis de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) amb la sortida dels apassionats per la natura a les coves de Campanet (1948), fins a l'actualitat –imatge del 2019 a la seu de la SHNB-, Andreu Muntaner Darder ha estat sempre present. La SHNB agraeix, de tot cor, aquest esforç !!



Pons, G.X., Vicens, D. i del Valle, L. (Edit.). 2021. La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33.



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

# La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder

Llibre homenatge a Andreu Muntaner Darder



Guillem X. Pons, Dàmià Vicens i Laura del Valle (Edit.)

Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears 33



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL  
DE LES BALEARS

# **La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder**

**Llibre homenatge a Andreu Muntaner Darder**

**Pons, G.X., Vicens, D. i del Valle, L. (editors)**

*Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33*



Cita per a l'obra completa:

Pons, G.X., Vicens, D. i del Valle, L. (editors). 2021. La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33: 1-361. ISBN 978-84-09-33509-1.

Cita per a un article:

Vicens, D. i Pons, G.X. 2021. Apunts biogràfics d'Andreu Muntaner i Darder (1926--), cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears. *In*: Pons, G.X., Vicens, D. i del Valle, L. (editors). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33: 11-36. ISBN 978-84-09-33509-1.

Comitè científic

Dra Laura del Valle (Universitat de Cluj, Societat d'Història Natural de les Balears)  
Dr. Bernadí Gelabert (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)  
Dr. Francesc Gràcia (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)  
D. Antoni Maria Grau Jofre (Societat d'Història Natural de les Balears)  
Dr. Joan March Noguera (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)  
D. Míguel McMinn (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)  
Dr. Guillem X. Pons (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)  
Dr. Damià Ramis (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)  
Dr. Damià Vicens (Universitat de les Illes Balears, Societat d'Història Natural de les Balears)

Aquest monogràfic és una contribució del projecte de recerca: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.



**European Union**

European Regional  
Development Fund



Primera edició: setembre 2021



del text: els autors



de l'edició: Societat d'Història Natural de les Balears  
Carrer Margalida Xirgu 16 baixos 07011 Palma (Illes Balears)  
[www.shnb.org](http://www.shnb.org) email: [publicacions@shnb.org](mailto:publicacions@shnb.org)  
Impressió: <https://www.printcolorweb.com/>

DL PM 00633-2021

ISBN 978-84-09-33509-1.

## INDEX

- Pons, G.X., Vicens, D. i del Valle, L.** La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. 5  
*The Natural History of the Balearics and Andreu Muntaner Darder*

### Articles

- Vicens, D. i Pons, G.X.** Apunts biogràfics d'Andreu Muntaner i Darder (1926-), cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears. 11  
*Biographical aspects of Andreu Muntaner i Darder (1926--), co-founder of the Natural History Society of the Balearic Islands*
- Vicens, D. i Pons, G.X.** Les aportacions científiques d'Andreu Muntaner i Darder al Quaternari de les Illes Balears. 37  
*Andreu Muntaner Darder scientific contributions to the Quaternary of the Balearic Islands.*
- Llobera, M.** Bibliografia donada per D.Andreu Muntaner Darder a la Societat d'Història Natural de les Balears 61  
*References donation by Mr. Andreu Muntaner Darder to the Natural History Society of the Balearics (SHNB).*
- Vicens, D., Pons, G.X. i Del Valle, L.** La col·lecció naturalística d'Andreu Muntaner i Darder a la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). 71  
*The naturalistic collection of Andreu Muntaner Darder at the Natural History Society of the Balearics (SHNB).*
- Jaume Nadal, G.** Col·laboracions d'estudis geològics entre Andreu Muntaner i Gori Jaume des de l'any 1973 fins a l'any 2004. 83  
*Collaborations of geological studies studies between Andreu Muntaner and Gori Jaume from 1973 to 2004.*
- Del Valle, L. i Fornós, J.J.** Bartomeu Darder Pericàs (1894-1940) i el XIV Congrés Geològic Internacional. 93  
*Bartomeu Darder Pericàs (1894-1940) and the XIV International Geological Congress.*
- Cela Conde, C.J.** Pensando la evolució. 109  
*Thinking evolution.*
- Gómez-Pujol, L., Vallespir, J., March, D. and Tintoré, J.** A Survey of Mediterranean Shoreline Change Data Infrastructure, Availability and Nature. 121  
*Anàlisi de la infraestructura de dades de la variabilitat de la línia de costa de la Mediterrània, disponibilitat i naturalesa.*
- Servera, J.** L'altiplà de Pòrtol–Sa Cabaneta, una aproximació geomorfològica a l'exemple d'un massís càrstic de clima semiàrid (Mallorca, Illes Balears). 139  
*The platform of Pòrtol-Sa Cabaneta, a geomorphological approach to the example of a karstic massif with a semi-arid climate (Mallorca,*



- Balearic Islands*).
- Llobera, M. i Ferriol, A.** Hidroquímica de l'aigua de fonts de la Serra de Tramuntana (Mallorca). 175  
*Water chemistry of springs in the Tramuntana mountain range (Mallorca).*
- Morey, B.** El registro Mioceno postectónico (Serravalliense y Tortoniense) de la isla de Mallorca (Mediterráneo occidental): ordenación estratigráfica y paleoambientes. 187  
*The post-tectonic Miocene (Serravallian and Tortonian) of Mallorca island (Western Mediterranean): stratigraphic ordered and palaeoenvironments.*
- Morey, B.** El Pliocè marí de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental): proposta estratigràfica i paleoambiental 213  
*The marine Pliocene of Mallorca island (Balearic Islands. Western Mediterranean): stratigraphic and paleoenvironmental proposal.*
- Vicens, D., Pons, G.X., Balaguer, P. i del Valle, L.** Valoració de l'estat de jaciments quaternaris litorals rere el pas de la borrasca Glòria al llevant de Mallorca. 239  
*Assessment of the state of coastal quaternary sites after the storm Glòria in the east of Mallorca.*
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. i Vilaplana, J.M.** Els blocs de tsunamis de les costes rocoses de les Illes Balears. 261  
*The tsunami blocks of the rocky coasts of the Balearic Islands.*
- Gràcia, F. i Fornós, J.J.** Cinquanta anys d'espeleologia subaquàtica a Mallorca (1971-2021): humans, aigua i coves. 283  
*Fifty years of underwater caving in Mallorca (1971-2021): humans, water and caves*



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

# **La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder**

## *The Natural History of the Balearics and Andreu Muntaner Darder*

Guillem X. PONS, Damià VICENS i Laura DEL VALLE  
(editors)

Pons, G.X., Vicens, D. i del Valle, L. 2021. La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33: 5-10. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La Història Natural d'aquestes illes –hi ho posam conscientment en majúscules-, les Illes Balears, no s'entèn sense la figura d'Andreu Muntaner Darder, membre cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) i president d'honor de la mateixa. Per això, hem cregut necessari, per no dir obligat, deixar plasmada tota una vida, intensa, d'aquesta passió per la natura, així com a altres aspectes assenyalats en aquest volum.

La Societat d'Història Natural de les Balears, ja ha utilitzat les seves monografies per retre homenatge a persones que han aportat una gran tasca per a la Societat i per a la ciència. Cal recordar que ja fa uns anys, es publicà un volum monogràfic en honor de Joan Cuerda Barceló (Pons i Vicens, 2007). Durant els primers anys d'existència de la SHNB el quaternari fou una disciplina impulsada per aquest dos socis, Joan Cuerda i Andreu Muntaner, que dugueren a les Balears als nivells més alts de la recerca, tot uns referents en aquest camp a la Mediterrània occidental.

A contraportada d'aquest llibre apareixen dues imatges molt il·lustratives de la figura d'Andreu Muntaner, i el suport que ha donat al llarg de la història de la SHNB de forma ininterrompuda i constant, des de la primera sortida a les coves de Campanet (1948) fins a l'actualitat, la segona imatge es correspon al dia de celebració de l'assemblea anual el 2019.

En aquest monogràfic podem separar dos grans blocs. Un primer, íntimament relacionat amb la seva feina i el seu llegat. I un segon, amb contribucions, homenatge, de distints autors a aspectes diversos de la ciència, autors que no han volgut deixar l'oportunitat de participar en aquest llibre homenatge.

En el primer bloc, de cinc articles, s'inicia amb una biografia d'Andreu Muntaner i Darder. L'hem titulat com a apunts biogràfics, doncs només donam una pinzellada a la seva



llarga i diversa trajectòria científica. S'ha intentat recopilar tota la seva obra científica, bàsicament de paleontologia del Quaternari, de geomorfologia litoral i d'hydrogeologia. La seva participació al que possiblement fos el primer treball amb estructura de PORN (quan aquesta figura no estava desenvolupada) de les Balears, del primer parc natural, s'Albufera de Mallorca (Muntaner, 1980). La seva vessant divulgadora i de preservació del territori, com fou la seva lluita per la conservació des Carnatge de Palma. Però també recollint dades sobre Andreu Muntaner i la seva activa participació a la vida social a la Societat d'Història Natural de les Balears, la seva passió per la recollida i documentació de mostres científiques que se tracta de forma més extensa en un treball posterior (la seva col·lecció científica), la seva afició a la fotografia, el documental dedicat a la seva persona,...Entre aquestes contribucions i, amb el pas del temps, es poden apreciar canvis importants del litoral de Mallorca, i les seves conseqüències derivades en l'economia de les Balears, el turisme, vivint a l'actualitat processos de saturació d'aquests espais.

Dintre d'aquest primer bloc s'enquadren les aportacions científiques d'Andreu Muntaner i Darder al Quaternari de les Illes Balears. Els seus treballs, el primer escrit on participa Muntaner l'hem de cercar al *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, a l'any 1950, en col·laboració amb Joan Cuerda (Cuerda i Muntaner, 1950). Els dos autors descriuen un jaciment a cala Gamba on hi havia un registre paleontològic d'aigües salabroses que daten com del Pliocè. Els seus treballs i les dades recollides en la seva col·lecció, han ajudat a molts d'altres investigadors a conèixer millor el Pleistocè de les Balears, i ha ajudat a fer possible la realització d'una tesi doctoral (Vicens, 2015).

La biblioteca de la Societat és un dels pilars més importants de l'entitat. El patrimoni que es conserva en els seus prestatges és incalculable, i més amb la important donació que va fer Andreu Muntaner. El treball sistemàtic, de catalogació d'aquest patrimoni bibliogràfic ha estat duit a terme per en Martí Llobera, Entre els any 2008 i 2011 Andreu Muntaner va fer donació de 1.262 items, entre separates, llibres, mapes, tesis, fulletons i altres tipus de publicacions. La gran majoria tracten temes de geologia i paleontologia, sobre tot de les Illes Balears. Aquesta donació és d'un gran valor per als investigadors que vulguin conèixer o consultar bona part de la literatura científica geològica del segle XIX i la primera meitat del segle XX. Junt amb la seva biblioteca, la col·lecció científica que va assolir fou molt important.

El següent capítol descriu la important col·lecció històrica d'Andreu Muntaner. Igual com s'ha fet amb la donació bibliogràfica, amb la col·lecció naturalística s'ha creat una base de dades en la que podem trobar 1175 entrades de registres paleontològics, que es corresponen amb 4736 espècimens, procedents d'un centenar de localitats. Del Quaternari hi ha 3.218 espècimens, del Terciari 1091, del Secundari 70 i sense especificar la cronologia 372. La majoria de localitats són de Mallorca, exceptuant 2 d'Eivissa, 2 de Menorca i 1 de Cabrera. Hores d'ara s'està treballant amb els ammonits piritosos, i s'estima que hi ha un 160 espècimens per a introduir a la base de dades, així com uns 600 espècimens del Miocè i Pliocè que a l'actualitat s'està catalogant. Una de les coses més importants per conservar material científic és un correcte etiquetat, i hem de dir que el material de la col·lecció, està molt ben etiquetat i ha facilitat la informació per a tots aquells investigadors que han volgut consultar-la. Alguns fòssils de la col·lecció varen ser exposats a la Exposició de Ciències Naturals a la Caixa de Pensions de Palma, inaugurada l'abril de 1954 i un any i poc després en la II Exposició de Ciències Naturals a Sóller. També, va

participar en l'exposició del Quaternari illenc al V Congrés de l'INQUA a Palma, el setembre de 1957, juntament amb Joan Cuerda. A la Fira de la Ciència del 2008, hi va haver una representació de la seva col·lecció i al *13th European Elasmobranch Association Conference* en una comunicació en format pòster es varen poder observar algunes fotografies de dents de taurons fòssils estudiades de la col·lecció A. Muntaner

Per tancar aquest bloc, trobam les col·laboracions d'estudis geològics entre Andreu Muntaner i Gori Jaume des de l'any 1973 fins a l'any 2004. En aquest article també es dona compte de varies publicacions poc conegudes d'Andreu Muntaner de la història de l'electricitat a Balears, i un relat curiós de la presència d'un pretès aeròlit a les platges d'Alcúdia. Es recullen alguns treballs i anèctodes relacionades amb hidrogeologia i hidrologia, així com col·laboracions i publicacions destacables de geologia. Malauradament Gori Jaume Nadal ens va abandonar estant aquest volum en premsa.

Entre el bloc d'articles més personals i enfocats a la figura d'Andreu Muntaner i la resta d'articles, hem situat un que fa una mica de pont: Bartomeu Darder Pericàs (1894-1940) i el XIV Congrés Geològic Internacional. Aquest és un article d'història de la ciència que té com a protagonista el seu conco. Bartomeu Darder i Pericàs, veterinari, geòleg i mestre fins a la fi dels seus dies a l'Institut de Tarragona. L'objectiu principal d'aquest article és donar a conèixer el paper de Bartomeu Darder en el XIV Congrés Geològic Internacional, el qual va preparar i editar la guia corresponent de l'excursió postcongrés C-5 L'illa de Mallorca juntament amb Paul Fallot. També va participar en l'organització del congrés com a representant de l'Institut de Tarragona, actuant com a secretari en dues sessions- II Sessió "Geologia de la Mediterrània" i presentant dues comunicacions. Una d'aquestes amb la participació de Paul Fallot titulada: L'edat dels moviments orogènics de l'illa de Mallorca, i el segon titulat: Geologia de la Mediterrània. El segon objectiu és l'anàlisi de les repercussions del congrés sobre la geologia de l'estat espanyol, sobretot de la mallorquina, a partir de la classificació, depuració i anàlisi de les dades extretes de la correspondència, llibres, separates, retallades de diaris, cartes, quaderns de camp, etc. procedents del llegat DARDER, facilitat pel seu fill Josep Darder al Govern de les Illes Balears, i que s'han completat amb altres documents relacionats.

Entre aquest segon bloc compta amb 9 articles. El primer d'ells, és tot un plaer poder comptar amb la firma de Camilo J. Cela Conde, en un assaig sobre la història de la vida, l'evolució i Charles Darwin. És temptador pensar en l'evolució com alguna cosa que té lloc sense més, igual que les albes i les postes de sol dia rere dia. De forma natural i òbvia. Però si en els temps que corren és estrany que hi hagi qui pensi en un ésser sobrenatural per explicar l'aparició de cada nou matí, no són poques les persones que sostenen que totes les espècies van ser creades per Déu i es mantindran així, sense cap canvi, fins al final dels temps. De fet, la pràctica totalitat de les persones il·lustrades ho creien, seguint el model de la narració de la Bíblia fins que fa gairebé dos segles, el 1859, el britànic Charles Darwin va obrir un nou camí cap al que són avui les ciències biològiques.

El següent article, de Gómez-Pujol, L., Vallespir, J., March, D. i Tintoré, J., tracta de l'anàlisi de la infraestructura de dades de la variabilitat de la línia de costa de la Mediterrània, disponibilitat i naturalesa. Resumeix els resultats de l'avaluació de la infraestructura de dades a propòsit de la variabilitat de la línia de costa a la conca Mediterrània (localitats d'estudi, abast temporal, projectes, programes, centres de compilació de dades, etc.) desenvolupada en el mar del projecte MEDsea\_Checkpoint



d'EMODnet i de la Direcció General d'Afers Marins i Pesqueries de la Unió Europea. L'objectiu del projecte fou el d'identificar les dades disponibles de balanços sedimentaris de la costa a escala regional pel que es procedí primer a explorar les fonts a l'ús de dades espacials de la Unió Europea, els productes d'alguns projectes de recerca europeus, així com un intens buidatge bibliogràfic. Així doncs, davant dels reptes del Canvi Global o les noves estratègies de Planificació Marina Espacial o de Gestió Integrada Costanera, els resultats del present treball posen de manifest la necessitat d'avaluar i millora les pràctiques i protocols d'obtenció i gestió de dades d'evolució de la línia de costa, tot seguint l'exemple d'altres iniciatives de la comunitat oceanogràfica com les que aborden el nivell marí, la temperatura del mar o les pesqueries, entre d'altres.

La investigació sobre geomorfologia litoral és un referent dels estudis de geografia d'aquesta universitat. Jaume Servera va una mica més allà de la línia de costa actual i estudia la plataforma de Pòrtol-sa Cabaneta, amb una extensió d'uns 14 km<sup>2</sup> i està formada per materials postorogènics corresponents a la Formació de Calcarenites de Sant Jordi del Pliocè superior. El predomini calcari juntament amb els trets climàtics de la zona, implica que la morfogènesi que controla tot el modelat d'aquest territori sigui el carst. La important fracturació i diaclasament del material ha afavorit la circulació de l'aigua que percola, incentivant les possibilitats dels processos lligats a la dissolució. Així, la plataforma constitueix un excel·lent indret per a l'estudi del carst d'ambients semiàrids (< 500 mm de precipitació). No obstant, el carst analitzat ofereix molt poca espectacularitat, però sí que té una rica diversitat de formes. Com a exocarst de la zona destaquen, entre altres formes, els pouets o fosses de dissolució com a les més abundants i les estries associades que apareixen de forma molt subtil. Les cubetes de dissolució són una altra forma important a la nostra àrea d'estudi que, juntament amb la presència de formes de carst cavernós, posen en clara relació el seu origen subcutani sota el sòl i la seva evolució en condicions de carst lliure una vegada exhumades. Pel que fa a l'endocarst a la zona, aquest no té una importància espeleològica rellevant, igual que tampoc la tenen les formacions com dolines o uvales que són totalment absents. La zona ha sofert un intens impacte humà, més del 50% de la seva superfície avui són camps de conreu o espais urbanitzats, on s'ha perdut l'exocarst encara que la carstificació del rocam persisteix de forma epidèrmica sota el sòl d'aquests espais antropitzats.

La hidroquímica de les aigües de les fonts de la Serra de Tramuntana és un treball inèdit del que es tenen molt poques referències. M. Llobera i A. Ferriol analitzaren les aigües de 180 fonts de la Serra de Tramuntana. El paràmetres són l'altitud, la temperatura de l'aigua, el pH, la conductivitat, els principals anions (bicarbonats, clorurs i sulfats) i els principals cations (calci, magnesi, sodi i potassi). Al llarg de l'article es mostren les principals característiques d'aquests paràmetres i les relacions entre ells. A continuació es dedueixen els principals compostos que cal esperar en aquestes aigües. Finalment, es classifiquen aquestes aigües d'acord amb les característiques mostrades mitjançant un diagrama de Piper. La majoria d'aigües són bicarbonatades càlciques o magnèsiques i, en segon lloc, sulfatades càlciques o magnèsiques. L'aportació dels clorurs i del sodi sempre són minoritàries.

Els dos articles següents han estat escrits per B. Morey, un sobre el registre Miocè postectònic i l'altre sobre el Pliocè marí, ambdós de Mallorca. En ells es fan propostes

sobre l'ordenació estratigràfica i en base a les restes paelontològiques, es fa una discussió paleoambiental.

Les tempestes i esdeveniments climàtics extrems afecten al litoral de forma molt clara. Al litoral conflueixen espais poc degradats, amb jaciments del Pleistocè, amb altres en els que s'han construït a passarel·les de fusta; solàriums de formigó, passejos marítims, infraestructures portuàries, etc. que es veuen afectats per aquestes tempestes. En aquest treball de D. Vicens, G.X. Pons, P. Balaguer i L. del Valle, s'analitza un exemple recent d'aquest esdeveniments, a 25 localitats de la costa de Mallorca. La borrasca *Glòria*, va ser anomenada per l'AEMET el divendres 17 de gener de 2020 a les 00:00 UTC (01:00 hlp) a causa de l'emissió d'avisos de nivell vermell i taronja per ratxes de vent, pluja, neu i fenòmens costaners a partir de la matinada de diumenge 19 de gener a gran part del nord i est peninsular, així com a les Balears. Al llarg del dia 20, la borrasca *Glòria* va ser absorbida per uns sistema depressiu de major grandària centrat al sud de la península Ibèrica. Els avisos de l'AEMET de fenòmens costaners de nivell vermell van afectar la major part dels litorals de les Balears, Catalunya i Comunitat Valenciana entre els dies 19 i 20, perllongant-se durant el 21 a Catalunya. A la resta de litorals de la Mediterrània es van emetre avisos de nivell taronja o groc. La borrasca generada, va repercutir a les Illes Balears amb un temporal de vent, pluja i a la mar. Els registres meteorològics inusuals i els danys causats sobretot al litoral del sud de Menorca i Llevant de Mallorca han donat fe de l'agressivitat de la mar quan les condicions són favorables. S'han visitat jaciments litorals del Pleistocè superior de Mallorca per tal d'avaluar els danys soferts rere el temporal.

El penúltim article, de F.X. Roig-Munar, J.A. Martín-Prieto, Á. Rodríguez-Perea, B. Gelabert i J.M. Vilaplana, ens parla de la presència de blocs de grans dimensions a les costes rocoses de les Illes Balears es relaciona amb els efectes dels tsunamis que des del Nord d'Àfrica afecten a les Balears. Molts dels blocs ubicats sobre les costes rocoses meridionals de les Balears, i amb unes característiques geomorfològiques concretes, corresponen a dipòsits de tsunamis, tot i que l'ample mostreig realitzat a Balears permet l'estudi simultani de fenòmens de tempesta i de tsunami. Els resultats ens mostren àrees ubicades sobre penya-segats verticals amb presència de grans blocs imbricats i amb morfologies de cordons on no hi arriben els onatges de tempesta, configurant-se com a àrees eminentment tsunamítiques i on les orientacions dominants indiquen el N d'Àfrica.

I per últim, el darrer article, de F. Gràcia i J.J. Fornós, pretén donar visibilitat i retre homenatge a la tasca feta pels espeleobussejadors que al llarg de cinquanta anys Mallorca (1971-2021) han realitzat exploracions i recerques a les coves subaquàtiques de Mallorca. El pas inexorable del temps va esborrant el paper que han desenvolupat cada un d'ells en descobrir, topografiar i estudiar el patrimoni natural subterrani. Evitar l'esvaïment del seu record ens ha motivat a fer aquesta recopilació. Les primeres incursions s'efectuen entre els anys 1971 i 1977 per catalans i mallorquins a diferents coves litorals de la zona de mescla i galeries de drenatge d'aigua dolça, amb molt minses penetracions. Entre 1978-1987 se realitzen diverses campanyes alemanyes i txeques a la cova dels Estudiants. En un tercer període, entre darreries dels vuitanta i començaments dels noranta (1986-1992), tornen les immersions mallorquines que fan espeleobusseig com a cosa excepcional, sense esser la seva activitat habitual, ja que es tracta d'espeleòlegs, escaladors o bussejadors. Se centren en la cova dels Estudiants, la cova des Bastons i la cova des Pas de Vallgornera, a més a més de mitja dotzena de grutes submarines pollencines. Un quart període correspon a les



campanyes britàniques entre 1988 i 1997, efectuades per especialistes en grutes submergides, que se dediquen tant a les galeries de drenatge de la serra de Tramuntana com a cavitats de la zona de mescla litoral. El darrer període correspon a l'espeleologia subaquàtica mallorquina, que arranca el 1994 fins a l'actualitat i és duta a terme per mallorquins o residents especialitzats en aquesta disciplina que la practiquen de forma habitual. S'aconsegueix descobrir i documentar importants coves litorals que han suposat un increment considerable de la riquesa subterrània de Mallorca. S'han elaborat 80 fitxes individuals a on s'ha arreglat el legat aportat per cada bussejador de coves del qual disposam d'informació.

En resum, aquest monogràfic compta amb 15 contribucions, de 20 autors que han volgut contribuir en aquest llibre, un sentit homenatge a Andreu Muntaner Darder.

## **Agraïments**

Volem agrair a tots els autors la seva contribució en aquest llibre homenatge a Andreu Muntaner Darder.

Aquest treball és una contribució del projecte: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.

## **Bibliografia**

- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1950. Nota sobre un nuevo yacimiento hallado en Palma de Mallorca como perteneciente al Plioceno. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 48, 1: 541-543.
- Muntaner, A. 1980. Geología. In: Barceló, B. i Mayol, J. (edit.). *Estudio Ecológico de la albufera de Mallorca*. Departamento de Geografía de la Universidad de Palma de Mallorca. 27-46.
- Pons, G.X. i Vicens, D. (edits.) 2007. *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 14. 380 pp.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesi Doctoral. UIB. 985 pp.

# Apunts biogràfics d'Andreu Muntaner i Darder (1926--), cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)

Damià VICENS i Guillem X. PONS

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES  
BALEARS

Vicens, D. i Pons, G.X. 2021. Apunts biogràfics d'Andreu Muntaner i Darder (1926--), cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 11-36. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

Andreu Muntaner i Darder, President d'Honor de la Societat d'Història Natural de les Balears i un del seus fundadors l'any 1954, ha esdevingut una peça clau en la Història Natural i en la memòria gràfica de les nostres Illes. Així els seus coneixements de Geologia i Hidrogeologia, els seus estudis del Quaternari, el seu arxiu de documents gràfics i la seva col·lecció paleontològica han servit i són d'utilitat a investigadors de camps molt diversos. Ha participat a diverses exposicions i ha estat protagonista de diversos documentals.

**Paraules clau:** Andreu Muntaner, biografia, SHNB.

BIOGRAPHICAL ASPECTS OF ANDREU MUNTANER I DARDER (1926--), CO-FOUNDER OF THE NATURAL HISTORY SOCIETY OF THE BALEARIC ISLANDS (SHNB). Andreu Muntaner i Darder, Honorary President of the Society of Natural History of the Balearic Islands and one of its founders in 1954, has become a key piece in the Natural History and graphic memory of our Islands. Thus, his knowledge of Geology and Hydrogeology, his studies of the Quaternary, his archive of graphic documents and his paleontological collection have served and are useful to researchers from very different fields. He has participated in several exhibitions and has been the protagonist of several documentaries.

**Keywords:** Andreu Muntaner, biography, SHNB.

*Damià VICENS i Guillem X. PONS, Universitat de les Illes Balears, carrer. Valldemossa s/n, departament de Geografia, i Societat d'Història Natural de les Balears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. 07011 Palma. Email: [dvicens7@hotmail.com](mailto:dvicens7@hotmail.com) i [guillemx.pons@uib.es](mailto:guillemx.pons@uib.es)*

## Introducció

En aquestes alçades, es pot asseverar que Andreu Muntaner i Darder és un erudit. Són molts els anys que duu a la seva esquena, i pas a pas ha anat guanyant en saviesa. És conegut per ser un pioner en l'estudi del Quaternari, pels seus coneixements en hidrogeologia i també per ser una memòria viva de la història de Mallorca i de Palma en particular, gràcies al seu arxiu fotogràfic. És un referent autodidacta en geologia i investigació en recursos hídrics a les Illes Balears. Com ell diu: "som el darrer autodidacte".

De nin va viure la guerra civil i després la postguerra, fent el servei militar a la base d'hydroavions del Port de Pollença. Estima el barri palmèsà de Santa Catalina per haver-hi

viscut, i encara no l'ha deixat del tot perquè viu en un barri confrontant com és el Camp d'en Serralta.

De jove es va envoltar de destacats professionals i investigadors, que ja li van influir en la seva inquietud per la geologia, noms tan importants com el seu oncle Bartomeu Darder Pericàs (1894-1944) i el seu cosí Josep Darder Seguí (1925-2008). A finals dels 40 i principis dels 50 va conèixer tota una generació de naturalistes que conformarien el nucli vertebrador de la Societat d'Història Natural de les Balears, com ara Guillem Colom, Joan Bauzà, Joan Cuerda, Pere Palau, Josep Maria Palau, Llorenç Garcies, Josep Rosselló, Juan Cañiguer, Arturo Compte o, més endavant, Lluís Gasull.

La descripció i talls estratigràfics de jaciments importants del Pleistocè superior, majoritàriament de la Badia de Palma, realitzats per Muntaner (1955a; 1957), així com altres treballs realitzats en col·laboració, han estat un pilar per a altres treballs posteriors del Quaternari. Els seus talls estratigràfics de Cala Pudent i es Carnatge els veren els congressistes de l'INQUA el 1957 (Vicens i Pons, 2020).

Andreu Muntaner és un home molt conversador i coneixedor de moltes d'anècdotes, la qual cosa li ha permès realitzar múltiples xerrades o conferències, com ara una conferència al Museu de Ciències Naturals (Sóller) sobre les prospeccions geològiques el mes d'agost de 1992 (Redacció, 1992), una xerrada a la Societat per l'Associació de Geòlegs de les Illes Balears, el novembre de 2012, sobre aspectes hidrogeològics de Mallorca (Fig. 1), una exposició sobre l'evolució de la imatge que es va fer en Es Baluart, Museu d'Art Modern i Contemporani de Palma, el març de 2014, entre altres.



**Fig. 1.** Conferència d'Andreu Muntaner a la Societat d'Història Natural de les Balears, el 16 de novembre de 2012, organitzada per l'Associació de Geòlegs de les Illes Balears. El seu fill Andreu està al seu costat (Foto D. Vicens).

**Fig. 1.** Lecture by Andreu Muntaner at the Society of Natural History of the Balearic Islands, on November 16, 2012, organized by the Association of Geologists of the Balearic Islands. His son Andreu is by his side (Photo D. Vicens).

També ha participat a les primeres exposicions naturalístiques realitzades per la SHNB a la dècada dels 50 del segle passat (Fig. 2), i fins i tot surt com a col·laborador a una exposició important realitzada per la Societat el 2000, “Les Balears abans dels humans” (Alcover *et al.*, 2000), exposició itinerant que va visitar les tres Illes majors de l'arxipèlag.



**Fig. 2.** Exposició de Ciències Naturals a la Caixa de Pensions de Palma. Inaugurada el 14 d'abril de 1954 (Arxiu A. Muntaner).

**Fig. 2.** *Exhibition of Natural Sciences at the Palma Pension Fund. Inaugurated on April 14, 1954 (A. Muntaner Archive).*

Ha fet donacions a la SHNB tan importants com la seva biblioteca naturalística i la seva important i històrica col·lecció paleontològica, i també ha fet donació de documents a l'Arxiu del Regne de Mallorca, referents a l'Església de Sant Nicolau de Portopí de 1888 i plànols del port de Palma i de Portopí, del segle XIX, en fotocòpia, donats el 1978; al Parc Natural de s'Albufera, donats el 2009, documents com són els projectes de dessecació de l'Albufera durant el segle XIX, els informes geotècnics realitzats per a la construcció de la central del Murterar i diferents estudis de l'Administració, etc.

Sempre ha tingut un estret vincle amb la Societat d'Història Natural de les Balears, des dels inicis de la fundació fins l'actualitat, de la qual fou soci fundador i actualment President d'Honor. A l'Associació de Geòlegs de les Illes Balears és Soci d'Honor, a l'igual que a l'associació Palma XXI.

Va rebre el premi d'arts plàstiques 1999-2000 del Rotary Club Mallorca, per documentalista gràfic ([www.rotaryclubmallorca.org](http://www.rotaryclubmallorca.org)); ha fet unes quantes exposicions i



també se li han fet uns quants audiovisuals, destacant l'autobiogràfic Andreu Muntaner Darder. De fòssils i fotografies, documental produït per La Perifèrica.

Una altra qüestió, és que de ben jove va ser soci de la Societat Arqueològica Lul·liana, així queda constància de que va realitzar la tasca de reorganització dels materials arqueològics de les vitrines a finals de la dècada dels 40, abans de que l'arqueologia balear estàs sistematitzada cronològicament (Rosselló Bordoy, 1986). També consta que, juntament amb l'arabista Jaume Busquets, i el propietari de la finca, Guillem Colom, cercaren el 1965 una inscripció àrab a l'Avenc de sa Moneda (Calvià), donada a conèixer el 1864 per Joaquim Maria Bover, malauradament no la varen poder trobar (Busquets, 1971). Com a curiositat, cal esmentar que juntament amb un antic company del col·legi dels teatins, Vicenç Furió, fabricaren ploms eclesiàstics mallorquins per a Josep Colomines devers l'any 1949, a partir d'uns motlles de ploms que li deixaren determinades parròquies mallorquines (Boada i Orell, 2009).

Treballà a GESA i quan s'iniciaren les tasques de preservació de materials documentals, tecnològics i audiovisuals als soterranis de l'edifici de Gesa de l'arquitecte Josep Ferragut, la sensibilitat històrica d'Andreu Muntaner va ser cabdal (Marín Gelabert, 2020).

Tot seguit hem volgut presentar una sèrie d'apartats que tenen que veure amb les vivències de Muntaner, àmbits en els quals ha destacat i que en la majoria d'ocasions són coetanis uns dels altres. Gairebé al final de l'article hi ha una relació de les publicacions realitzades per Andreu Muntaner, ja sigui tot sol o en col·laboració.

## **La geologia i la hidrogeologia**

Els seus primers treballs els va realitzar a la península de la mà del seu oncle Bartomeu Darder i del seu cosí Josep Darder (Palma XXI). Després va ingressar a GESA, on va realitzar els seus primers estudis de sondejos i diferents treballs geològics a les Balears. Es va integrar de ple en els treballs de construcció dels embassaments de Cúber i del Gorg Blau en l'any 1956, on va fer les fotos aèries i el seguiment de la construcció (Redacció Portal, Palma XXI).

De la seva tasca científica, cal destacar la seva dedicació com a ajudant honorari del CSIC (1962-1968) i el reconeixement pel MOPU que el va nomenar vocal accidental del Servicio Geológico mentre es portaven a terme el mapes geològics de les Balears (Redacció, 1995).

És ben coneguda la seva tasca en l'estudi científic i aplicat de la Geologia i la Hidrogeologia, matèries en les quals molts dels actuals professionals han après molt i bé. Muntaner ha actuat sempre com un mestre de l'antiga escola, més per la paraula que per l'escriptura (Redacció, 1995). Quan encara no es parlava d'intrusió salina, Andreu Muntaner juntament amb els seus coetanis ja l'havien identificat en la dècada dels 50 (Redacció Portal).

També va col·laborar des del principi amb la comissió creada per l'Ordre Ministerial, amb el *Servicio Geológico de Obras Públicas* i amb el *Servicio Hidráulico de Baleares*. La seva vàlua i coneixements geològics varen ser reconeguts quan es va nomenar com a vocal accidental de la Comisión de Asesoría Geológica, que va redactar el primer informe a l'any 1961. Va facilitar un munt de dades relacionades amb sondejos de particulars, així com característiques geològiques dels pous. També va facilitar aixecaments geològics de les

zones d'estudi i va acompanyar tantes vegades com va ser necessari al camp, quan es va sol·licitar la seva ajuda. Els testimonis dels sondejos varen ser classificats majoritàriament per Andreu Muntaner (García-Yagüe, 1968).

De 1973 fins el 2004 va col·laborar amb el geòleg Gregori Jaume amb estudis geològics de caire tècnic i què són motiu d'un capítol d'aquesta monografia (veure Jaume Nadal, 2021). Així Muntaner (1980) participa en el volum sobre l'estudi ecològic de s'Albufera de Mallorca (Barceló i Mayol, 1980) amb un capítol sobre geologia de la zona. Recordar que aquest espai natural, fou declarat Parc Natural el 1988, el primer de les Balears, i que aquest seria un estudi semblant a un Pla d'Ordenació de Recursos Naturals (PORN), tot i que la figura s'establí amb la llei de protecció d'espais naturals, 4/89.

## **Platges fòssils del Quaternari**

Andreu Muntaner, quan el 1947 feia el servei militar, va visitar la zona militar compresa entre cala Gamba i son Mosson, i va descobrir els jaciments de cala Pudent i Es Carnatge (Galiana Veiret, 2015).

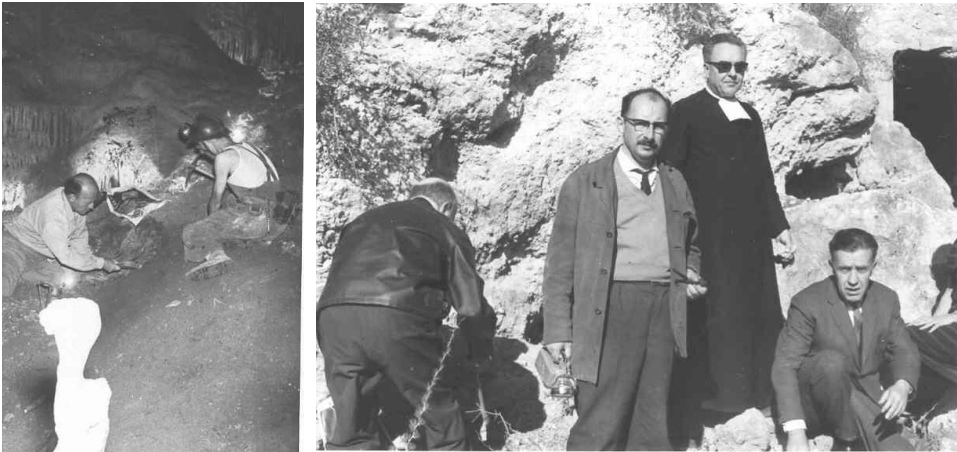
Pocs anys després, a l'any 1950 publica el seu primer article en col·laboració, d'un jaciment a cala Gamba (Cuerda i Muntaner, 1950). De 1951 fins 1953 escriu un quants d'articles amb en Joan Cuerda sobre platges quaternàries. El 1955, Andreu Muntaner escriu dos articles, on a un d'ells hi figuren talls de estratigràfics de Paguera i Camp de Mar. Dos anys després, el 1957, Muntaner participa en el quadernet de la sortida de camp de l'INQUA (Colom *et al.*, 1957) i amb un article al Bolletí de la SHNB sobre l'estratigrafia del dipòsits del Pleistocè de la badia de Palma (Muntaner 1957). A Vicens i Pons (2021) hi ha un recull dels treballs realitzats per en Muntaner.

## **Coves i paleontologia del Quaternari**

Josep Maria Palau, pioner de l'entomologia i de la biospeleologia balear, i un dels fundadors de l'Equip Mallorquí d'Espeleologia (EME), va publicar una breu nota donant a conèixer els estudis i treballs què havia realitzat i què pretenia fer el grup EME, i que es centraven en la porció E de la serra de na Burguesa. En ella, comunica que havien realitzat les topografies de les següents cavitats: cova des Coll des Vent, coves des Coals, cova de sa Figuera, cova de sa Campana, cova d'en Moret i coves del Pilar. L'EME volia completar el treball d'aquesta zona amb l'estudi de més cavitats i aportar observacions geològiques, biològiques i meteorològiques per després donar-ho a conèixer (Palau, 1956). Durant el primer semestre de 1957, en J. M. Palau fa una conferència sobre biospeleologia al Col·legi Oficial de Farmacèutics de les Illes Balears, titulada Espeleologia y biospeleologia, i en aquesta fa referència a que en Muntaner tenia un especial interès per la part geològica i paleontològica de les coves. De fet, es va poder consultar l'arxiu del grup EME i en Muntaner va visitar de gener de 1955 a desembre de 1956, la cova de son Mayol, la cova des Coll des Vent, la cova de sa Campana, la cova de sa Figuera, cova des Coals, cova d'en Moret, cova des Cavall i cova des Gall (Vicens i Pla 2001; Ginard *et al.*, 2006). Probablement va visitar també les coves del Pilar, emperò no es va trobar la documentació d'aquesta cova a l'arxiu. Anys abans, Muntaner ja havia visitat alguna cova, així consta a Palau (1955) on per motius de recerques biospeleològiques per part de J. M. Palau, aquest

va anar a la cova d'en Boixa a Felanitx amb companya del seu pare, en Pere Palau i de n'Andreu Muntaner, el febrer de 1948.

També podem trobar al seu arxiu personal fotografies que delaten la recerca de restes mastològics a coves mallorquines; és el cas del Bufador de Son Berenguer a Santa Maria, el 1953 (Fig. 3) i la cova de son Bauzà el 1966 (Fig. 4). D'aquesta darrera cova, Ballman i Adrover (1970) comenten que tots els mallorquins aficionats a la paleontologia, entre els quals hi ha Muntaner, tenen blocs amb restes de *Hypnomys morpheus* i *Nesiotites hidalgo* procedents d'aquest indret.



**Fig. 3.** Esquerra. Bufador de Son Berenguer a Santa Maria, el 1953. A l'esquerra Joan Cuerda i a la dreta Andreu Muntaner, recollint materials mastològics (Arxiu A. Muntaner).

**Fig. 3.** Left. Bufador de Son Berenguer in Santa Maria, in 1953. On the left Joan Cuerda and on the right Andreu Muntaner, collecting mastological materials (A. Muntaner Archive).

**Fig. 4.** Dreta. D'esquerra a dreta, Joan Cuerda, Andreu Muntaner, Rafel Adrover i Miquel Crusafont, a la cova de son Bauzà, any 1966 (Arxiu A. Muntaner).

**Fig. 4.** Right. From left to right, Joan Cuerda, Andreu Muntaner, Rafel Adrover and Miquel Crusafont, at Cova de son Bauzà, in 1966 (Archive A. Muntaner).

El nom de Muntaner, acompanyat d'altres investigadors de la fauna pre-humana de les Balears, com són Joan Cuerda, Rafel Adrover, Basilio Ángel, Joan Bauzà, William Waldren i John S. Kopper, que encara que no fossin espeleòlegs en el sentit estricte de la paraula, feren estudis dins coves on recolliren material mastològic o malacològic per estudiar-lo, així apareixen a un article històric sobre les exploracions espeleològiques a les Illes Balears a Ginard *et al.* (2011).

Respecte al Bufador de Son Berenguer, podem llegir una interessant notícia al Bolletí núm. 1 de la SHNB de l'any 1955, on es comenta que Muntaner i Cuerda varen tenir coneixement que espeleòlegs catalans del Grup d'Exploracions Subterrànies (GES) havien visitat el Bufador de Son Berenguer, per la qual cosa varen visitar aquesta cavitat i varen trobar un jaciment de *Myotragus balearicus* i de caragols terrestres, ja excavat en part pels expedicionaris del GES. En vista dels resultats positius de la primera visita, se'n varen efectuar més acompanyats amb el propietari de la finca i amb el consoci de la SHNB, T.

Otero, amb qui en Muntaner va treure fotos del jaciment (Redacció, 1955). També aquest jaciment va ser visitat a principis de gener de 1966 per en Muntaner, en Cuerda, el germà Basilio, en Rafel Adrover amb la companyia de Miquel Crusafont (Gasull i Adrover, 1966).

El 6 de juliol de 1965 es va fer a Deià un Simposium sobre *Myotragus*. Per una banda hi havia William H. Waldren i William Graves que havien excavat la cova de Muleta i havien obtingut molt de material ossi de l'endemisme gimnèsic, i per altra banda tot una sèrie d'investigadors i naturalistes de la SHNB, entre ells Guillem Colom, Juan Cuerda, Rafel Adrover, Basilio Angel i Andreu Muntaner que havien realitzat investigacions sobre el tema. El president del Simpòsium va ser el catedràtic de paleontologia de la Universitat de Barcelona i director de l'Institut Provincial de Paleontologia de Sabadell, el Dr. Miquel Crusafont.

Al Simpòsium hi varen assistir investigadors nacionals i estrangers i en acabar la sessió de comunicacions, varen poder observar el material dipositat al recent creat Museu Arqueològic de Deià (Redacció 1966). La SHNB va publicar les comunicacions presentades a tal esdeveniment al Bolletí núm. 12 de l'any 1966. Muntaner va presentar una comunicació on explica els tipus de jaciment on s'ha trobat *Myotragus*, com són els al·luvions, els dipòsits dins coves i les eolianites, per donar pas a la enumeració del jaciments de Mallorca i Menorca coneguts fins a les hores (Muntaner, 1966).

## La col·lecció naturalística

Col·lecció majoritàriament paleontològica, on hi ha fòssils del Quaternari (Fig. 5), Terciari i Secundari mallorquí. Els mol·luscs del Quaternari marí són nombrosos i alguns d'ells procedeixen de jaciments hores d'ara inexistents. També hi ha mol·luscs i altres tàxons del Pliocè, dents de peixos del Miocè i ammonits del Secundari.



**Fig. 5.** Fòssils del Pleistocè superior de Cala Gamba. Col·lecció Andreu Muntaner-SHNB.  
*Fig. 5. Upper Pleistocene fossils of Cala Gamba. Andreu Muntaner-SHNB Collection.*

Aquesta col·lecció històrica ens trasllada a la Mallorca pre-turística i a les vivències d'Andreu Muntaner, és per això que mereix un capítol a part (veure en aquesta monografia Vicens i Pons, 2021).

## **La Societat d'Història Natural de les Balears**

Muntaner ha esdevingut un pilar fonamental de la SHNB. A la pàgina 1 del primer fascicle que va publicar la Societat, amb data de 20 de febrer de 1951, aquest com a secció de Balears del Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, ja surt el nom d'Andreu Muntaner, agraint la seva col·laboració per ser fonamental per la formació i progrés de la Societat (Redacció 1951). A la reunió del 3 de febrer de 1952 es deixa constància de que Andreu Muntaner serà el Director del Museu de la Societat. (Redacció 1952a). El mateix any, el museu es dividiria en dues seccions, la de geologia i la de zoologia, i Muntaner es fa càrrec de la primera. La botànica estava atesa per el Col·legi de Farmacèutics (Redacció 1952b)

A l'any 1954, Andreu Muntaner va ser cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears, així consta a l'acta de fundació d'aquesta el 2 de setembre de 1954, on va ser elegit vocal 1r, sota la presidència de Joan Bauzà. El 6 de novembre les reunions ja es fan a l'Estudi General Lul·lià, emperò abans es feien a la seu del Col·legi de Farmacèutics de les Illes Balears, amb un espai cedit a la Societat, donat el seu lligam amb distints socis apotecaris com Llorenç Garcias Font, Pere Palau,....

Segons la circular núm. 3 de la SHNB on apareix una biografia d'Andreu Muntaner, a la primera junta oficial de la Societat, n'Andreu Muntaner va ocupar la vocalia de publicacions, des d'on aconseguí el Bolletí modern, que composaven, lletra a lletra, amb en Pere Serra (aleshores, el règim franquista imposava que qualsevol publicació fos dirigida per un periodista) (Redacció 1995). A una altra publicació, consta que n'Andreu Muntaner va formar part de la junta de publicacions del Bolletí, el tercer any d'existència oficial de la Societat, el 1956 (Vicens *et al.*, 2018).

Li hem d'agrair que la Societat sigui laica, ja que el 1954, el Pare Cañigueral va proposar domiciliar la Societat a Montision, proposta a la qual Andreu Muntaner va objectar el caràcter de clausura que tenia el convent dels Jesuïtes, problema insalvable, ja que la Societat tenia alguns membres de sexe femení, de manera que la seu elegida va ser finalment el Col·legi d'Apotecaris, abans de passar a l'Estudi General Lul·lià, gràcies a l'oferta d'altres socis (Palau, Garcies Font, etc.) (Redacció, 1995).

El primer any oficial de la Societat es va fer soci d'honor a Paul Fallot, eminent geòleg, on la seva tesi versa sobre la Serra de Tramuntana. A l'any següent, es varen nomenar com a socis d'honor a Guillem Colom i a Francesc Español.

Aquests primers anys de la Societat es va fer molta de feina per aconseguir socis, molts d'ells coneguts dins el camp de les ciències naturals o de les lletres, com pugui ser en Francesc de Borja Moll.

El 14 d'abril de 1954 la Societat va participar amb l'exposició de Ciències Naturals a Palma, i el 7 de maig de 1955 en la II Exposició de Ciències Naturals a Sóller.

A finals de 1955 hi ha la possibilitat de la creació d'un Museu Municipal d'Història Natural al Castell de Bellver, on la Societat podia aportar exemplars museístics i coneixements científics, emperò la proposta no va fructificar.

A l'any 1957, el V congrés de l'INQUA es va fer a Espanya, concretament a Barcelona i a Madrid, i amb excursions a distints indrets de la geografia peninsular i de les illes. Així hi va haver una excursió a Mallorca, on Andreu Muntaner (Fig. 6) hi va participar activament (Redacció, 1959; Vicens i Pons, 2020). El 2 de febrer de 1957 s'acorda el nomenament d'una comissió integrada per Miquel Oliver Massutí, Guillem Colom, Joan Bauzà, Andreu Muntaner i Joan Cuerda, per si l'organització de l'INQUA demanàs ajuda a la Societat. El 4 de maig a la reunió de la junta directiva se comunica la visita a l'illa de Mallorca de Francisco Hernández Pacheco i de Lluís Solé Sabarís, en vistes del Congrés de l'INQUA. La Societat col·laborarà amb la publicació del Bolletí núm. 3, un Monogràfic del Quaternari, que sortirà abans del Congrés, i amb una exposició del Quaternari de les nostres Illes, realitzada per Andreu Muntaner i Joan Cuerda a l'Estudi General.



**Fig. 6.** A l'esquerra de la fotografia en Joan Cuerda, que vesteix amb americana i n'Andreu Muntaner en es Carnatge. V Congrés de l'INQUA, 11 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

**Fig. 6.** On the left of the photograph is Joan Cuerda, who is dressed in an Americana and Andreu Muntaner in es Carnatge. V INQUA Congress, September 11, 1957. Andreu Muntaner Archive.

Un jove Jost Wiedmann va venir a Mallorca per maig de 1957 a fer recerca d'ammonits del Cretàcic inferior. Va conèixer a Muntaner, així com altres socis de la SHNB i va poder utilitzar fòssils de les col·leccions particulars per a publicar al Bolletí dos articles. Amb Muntaner va fer excursions i com diu aquest paleontòleg al primer dels seus articles publicats al Bolletí (Wiedmann, 1962), agraeix els consells i el coneixements que va compartir del Cretàcic de Mallorca amb ell. En aquest article, amb un Wiedmann que havia finalitzat la tesi el 1960 a Eberhard Karls Universität Tübingen (Gräfe, 2020), dedicà dues espècies d'ammonits a Andreu Muntaner, *Eograudiceras muntaneri* i *Jauberticeras muntaneri* de l'Albià de son Suredetta i de son Vida (ambdós de Palma) respectivament, i recollits per Andreu Muntaner. També el malacòleg Lluís Gasull li va dedicar una subespècie de *Xerocrassa*, *X. frater muntaneri* (Gasull, 1963).



Els primer anys d'existència de la Societat n'Andreu va participar molt activament des de les juntes directives, però encara que sempre ha mantingut contacte estret amb les diferents juntes, s'havia mantingut allunyat de la junta per considerar que aquest era el temps que els universitaris havien de prendre el relleu d'aquella primera generació de la Societat (Redacció, 1995).

El 20 de desembre de 1993, la junta de la Societat va decidir proposar a l'Assemblea General de febrer de 1994 el nomenament d'Andreu Muntaner com a President d'Honor, la qual cosa va ser acceptada per unanimitat (Redacció, 1995). Els motius, s'han anat comentant al llarg de l'article, emperò destaca la seva estima cap a la SHNB, cosa que mai ha amagat i que sempre ha proclamat. El 3 de febrer de 1994, va rebre un emotiu homenatge per part de la Societat, amb motiu del 50 aniversari de la seva constitució, que es va fer a tots els socis pioners d'aquesta entitat (Fig. 7).



**Fig. 7.** Antonio Rodríguez Perea, President de la SHNB des de 1988 fins 1990, en un acta celebrat a Sa Nostra del carrer Concepció (Palma), on es retia homenatge als pioners de la Societat. Andreu Muntaner va recollir un petit obsequi (Arxiu SHNB).

*Fig. 7. Antonio Rodríguez Perea, President of the SHNB from 1988 to 1990, at a ceremony held in Sa Nostra on Carrer Concepció (Palma), where tribute was paid to the Society's pioneers. Andreu Muntaner collected a small gift (Arxiu SHNB).*

Amb dates posteriors, Andreu va rebre un emotiu homenatge de la Societat, el dia de l'Assemblea General del 2010 (Fig. 8), per ser un model de naturalista per a la Societat i per la seva col·laboració en pro de la Societat des de la seva fundació (Redacció 2011). El

secretari, Damià Vicens, va llegir unes paraules escrites per na Mar Cuerda, que reproduïm més endavant (Annex 1).



**Fig. 8.** Homenatge a n'Andreu Muntaner que li va retre la Societat el dia de l'Assemblea General del 2010 (28-05-2010) a la seu de la Societat. Al centre n'Andreu Muntaner; a l'esquerra el Vicepresident de la Societat, en Lluís Moragues; i a la dreta el President de la Societat, n'Antoni Grau (Foto D. Vicens).

*Fig. 8. Tribute to Andreu Muntaner paid by the Society on the day of the 2010 General Assembly (28-05-2010) at the Society's headquarters. In the center is Andreu Muntaner; on the left, the Vice-President of the Society, Lluís Moragues; and on the right the President of the Society, Antoni Grau (Photo D. Vicens).*

La zona d'es Carnatge és una de les àrees més estudiades pels quaternaristes. Primer per la seva proximitat a Palma, el seu fàcil accés, i la popularització que varen tenir els treballs de Cuerda i Muntaner, i la visita de l'INQUA de 1956, ha fet d'aquesta zona un punt d'elevat interès geològic. Actualment és molt freqüentada doncs compte amb un passeig peatonal litoral de connecta cala Gamba amb cala Estància. Aquest jaciment, junt amb el de cala Pudent, serien els més coneguts de les Illes Balears, i segurament foren un impuls per al coneixement de les activitats científiques de la Societat en els inicis de la seva

fundació (Vicens i Pons, 2017). Citat inicialment per Cuerda i Muntaner (1952). Muntaner (1957) el denominen *Campo de Tiro. Loc. b.* a l'igual que Colom *et al.* (1957). Dibuixen quatre nivells, a on, el més antic es correspondria amb una duna fòssil de Riss.

Dit això, el 2002 es construïa el passeig des Carnatge (Palma), i amb motiu de les obres, Andreu Muntaner amb companyia de més socis de la Societat el visitaren. Dies després, gràcies a aquesta acció de la Societat (i d'aquests socis de la Societat), es varen aturar les obres i es va modificar el traçat que anava a destrossar cala Pudent (Figs. 9 a i 12).



**Fig. 9.** Visita de membres de la SHNB a es Carnatge amb motiu de les obres que es varen fer per al passeig promocionat pel Ministre de Medi Ambient del Govern d'Espanya, Jaume Matas, l'any 2002. Hi havia el president de la Societat, el geòleg Lluís Moragues, els dos presidents d'honor, el micropaleontòleg Dr. Guillem Mateu i el quaternarista Andreu Muntaner, el vocal i ex-president el paleontòleg Dr. Josep Antoni Alcover, l'ex-president i biòleg Dr. Antoni Martínez, l'ornitòleg i biòlrg Joan Mayol i el secretari Damià Vicens. En primer terme, a l'esquerra Andreu Muntaner i a la dreta Guillem Mateu; Joan Mayol està pujat a un munt procedent de les obres, fent una foto (Foto D. Vicens).

**Fig. 9.** Visit of SHNB members to es Carnatge on the occasion of the works carried out for the promenade promoted by the Minister of the Environment of the Spanish Government, Jaume Matas, in 2002. There was the president of the Society, the geologist Lluís Moragues, the two honorary presidents, the micropaleontologist Dr. Guillem Mateu and the quaternaryist Andreu Muntaner, the vocalist and ex-president the paleontologist Dr. Josep Antoni Alcover, former president and biologist Dr. Antoni Martínez, the ornithologist and biologist Joan Mayol and the secretary Damià Vicens. In the foreground, on the left Andreu Muntaner and on the right Guillem Mateu; Joan Mayol is climbing a lot from the works, taking a photo (Photo D. Vicens).





**Fig. 10.** Les obres danyaren el jaciment. La síquia va afectar la platja pleistocena de cala Pudent. Posteriorment la taparen i canviaren el traçat del passeig. Cala Pudent es troba al marge superior esquerre de la imatge (Foto D. Vicens).

*Fig. 10. The works damaged the site. The ditch affected the Pleistocene beach of Cala Pudent. They later covered it and changed the layout of the promenade. Cala Pudent is located in the upper left margin of the image (Photo D. Vicens).*



**Fig. 11.** Es pot observar per on havia de passar el passeig. La síquia arribava fins les barreres. Després es varen aturar les obres en aquest indret i es va rectificar el traçat en tot el tram de cala Pudent. Foto feta de cala Pudent cap on es va fer la foto de la Fig. 9 (Foto D. Vicens).

*Fig. 11. You can see where the walk was supposed to go. The ditch reached the barriers. Then the works were stopped in this place and the route was rectified in the whole section of Cala Pudent. Photo taken from Cala Pudent towards where the photo in Fig. 9 was taken (Photo D. Vicens).*



**Fig. 12.** Guillem Mateu i Andreu Muntaner en es Carnatge discutint sobre les obres i el traçat del passeig del ministre Matas (Foto D. Vicens).

*Fig. 12.* Guillem Mateu and Andreu Muntaner in es Carnatge discussing the works and the layout of the promenade of Minister Matas (Photo D. Vicens).

## La fotografia

Una altra faceta d'Andreu Muntaner és la fotografia i les imatges antigues de Mallorca. El seu oncle Toni Porcell, ja feia fotografies a la primera meitat del segle XX, i aquest llegat va acabar en mans d'Andreu Muntaner. Durant tota la seva vida ha col·leccionat imatges de Mallorca, i s'ha nodrit de fotos que li han donat o que ha anat comprant a fires o altres indrets.

La seva col·lecció és un element de consulta fonamental per conèixer l'evolució de Mallorca, entre 1856 i els anys seixanta del segle XX. La col·lecció consta de postals i fotografies i estan ordenades amb quatre grups i són fotografies de Palma, de pobles, fotos estereoscòpiques i negatius i positius de vidre. A més la col·lecció consta de màquines fotogràfiques i projectors d'imatge (Palma XXI).

El coneixement de n'Andreu sobre els materials fotogràfics, les màquines i sobre personatges importants de la història de la fotografia mallorquina com Pep Truyols, Vila o Rul·lan, li ha permès tenir una visió privilegiada respecte de l'evolució de la fotografia al segle XX i mostrar una certa preocupació davant l'ús indiscriminat de la fotografia digital (Rodas, 2019).

Va participar a una exposició de postals de Binissalem a les festes des Vermar del 2010.

El 2017 n'Andreu va participar a una exposició fotogràfica al Museu Krekovic (Palma), que a la vegada era un homenatge cap a la seva persona (Fig. 13). L'exposició va ser organitzada pel Consell de Mallorca, l'Arxiu del So i de la Imatge de Mallorca (Consell de

Mallorca) i Palma XXI. També, Andreu Muntaner, és soci d'honor d'aquesta darrera associació.

## Documentals

El 2012 es presenta al Butlletí del Portal de l'aigua de les Illes (Redacció 2012), una videoentrevista amb Andreu Muntaner. Parla del seu primer contacte amb la geologia i les aigües subterrànies, les primeres màquines de sondejos, dels embassaments del gorg Blau i Cúber, de l'aqüífer de s'Extremera i de la intrusió salina del pla de Palma i de sa Pobla. Al finalitzar el vídeo, es veuen un segons de la conferència que va fer Muntaner a la SHNB, organitzat per l'AGEIB (Lmental Sostenibilitat i Futur 2012).

El 18 de novembre de 2017, sortí a les notícies d'IB3 amb motiu de la inauguració de l'exposició fotogràfica al Museu Krekovic (Palma). La notícia és presentada per Anna Murillo (Murillo, 2017). També hi ha una peça documental projectada a l'exposició "Un recorregut fotogràfic per la façana marítima de Palma. Homentage a Andreu Muntaner i Darder" realitzat per Jordi Pol (2017).

El 4 d'abril de 2019 es va estrenar un documental sobre Andreu Muntaner a la sala Augusta de Palma. La cinta produïda per La Perifèrica i titulada Andreu Muntaner Darder. De fòssils i fotografies, ha estat dirigida per Albert Herranz i Angel García. El documental està ambientat en quatre llocs diferents, emperò relacionats amb n'Andreu. El far de Portopí, on va cursar els seus primers estudis; el barri palmès de Santa Catalina, on hi ha viscut molts d'anys; la base d'hidroavions del Port de Pollença, on va fer el servei militar; i es Carnatge, al litoral de Palma, on va realitzar estudis estratigràfics del Pleistocè. Mesos després de l'estrena, es va poder veure a IB3, en concret el 20 de novembre i hores d'ara es pot veure a la carta.

La notícia de l'estrena del documental es va fer ressò al Diario de Mallorca (Rodas 2019), emperò al diari digital hi ha un vídeo de pocs minuts fet per Guillem Bosch (2019) on en Muntaner explica com ha aconseguit les càmeres fotogràfiques i també parla de les primeres fotografies de les coves del Drac, fetes per Moragues.

Recentment, també apareix al documental Dorothea i el *Myotragus*, inaugurat l'1 de setembre de 2020 al CineCiutat de Palma, una producció de MOM Works i IB3 dirigida per Marta Hierro i Núria Abad, essent l'únic entrevistat que parla dels inicis de la Societat i del desconeixement que Dorothea Bate (1878-1951) fos viva quan es va funda la SHNB, i que si ho haguéssim sabut ens haguéssim posat en contacte amb ella. Ara bé, segons la nostre opinió, s'ha de tenir en compte que la postguerra civil a Espanya va durar bastant i després també se va unir la postguerra de la 2a guerra mundial, i el comunicar-se no era tan fàcil com ara. Sempre els investigadors i naturalistes de la Societat recordaren la paleontòloga Dorothea Bate al parlar de vertebrats del Quaternari de les Gimnèsies. Basta recordar aquella, segurament primera excursió oficial, el 1948 a les coves de so n'Apats (coves de Campanet), per conèixer les restes de *Myotragus balearicus*.

Les Coves de Campanet, que han rebut distints noms com Coves de so na Pacs (o de so n'Apats), se troben a la vall de Sant Miquel. Compten amb una superfície d'uns 3.200 m<sup>2</sup>, un recorregut d'uns 400 m i una profunditat màxima de 50 m. És la cavitat turística més important de la Serra de Tramuntana. Les coves de Campanet són les que s'han incorporat en data més recent al turisme de masses a Mallorca. El seu descobriment fou casual quan el



15 de juny de 1945, es realitzaven uns prospeccions a la recerca d'aigua. Posteriorment, fou condicionada per a la seva visita i foren ofertes al públic el 1948 (Vives, 1996).



**Fig. 13.** Imatge de la inauguració de l'exposició-homenatge a Andreu Muntaner “Un recorregut fotogràfic per la façana marítima de Palma (c.1860-1960)”, organitzada per l'ASIM, el Museu Krekovic i Palma XXI (18/10/2017). De dreta a esquerra: Maria del Mar Gaita (Museu Krekovic), Dolores Ladària (Palma XXI), Francesc X. Bonnín (ASIM), Rafel M. Creus (director insular de Cultura), Andreu Muntaner i Darder, Francesc Miralles (conseller de Cultura, Patrimoni i Esports), Andreu Muntaner Sans i Jaume Gual (Palma XXI). Fotografia extreta de Palma XXI.

**Fig. 13.** Image of the inauguration of the exhibition-homage to Andreu Muntaner “A photographic tour of the seafront of Palma (c.1860-1960)”, organized by the ASIM, the Krekovic Museum and Palma XXI (18 / 10/2017). From right to left: Maria del Mar Gaita (Krekovic Museum), Dolores Ladària (Palma XXI), Francesc X. Bonnín (ASIM), Rafel M. Creus (insular director of Culture), Andreu Muntaner i Darder, Francesc Miralles (director of Culture, Heritage and Sports), Andreu Muntaner Sans and Jaume Gual (Palma XXI). Photograph taken in Palma XXI.

Durant els treballs de desobstrucció de l'orifici natural d'accés es va trobar un important jaciment paleontològic del Pleistocè superior que aportà abundants restes òssies del bòvid endèmic de les Gimnèsies *Myotragus balearicus*, extint segons les darreres datacions entre uns 3640 i 2135 anys abans de Crist (Lalueza-Fox *et al.*, 2002). El primer treball sobre aquesta notícia paleontològica el realitzà el pare Eugenio Saz, de l'Institut Químic de Sarrià, qui visità les coves entre el 14 i 18 de juliol de 1945. Saz havia llegit un article de



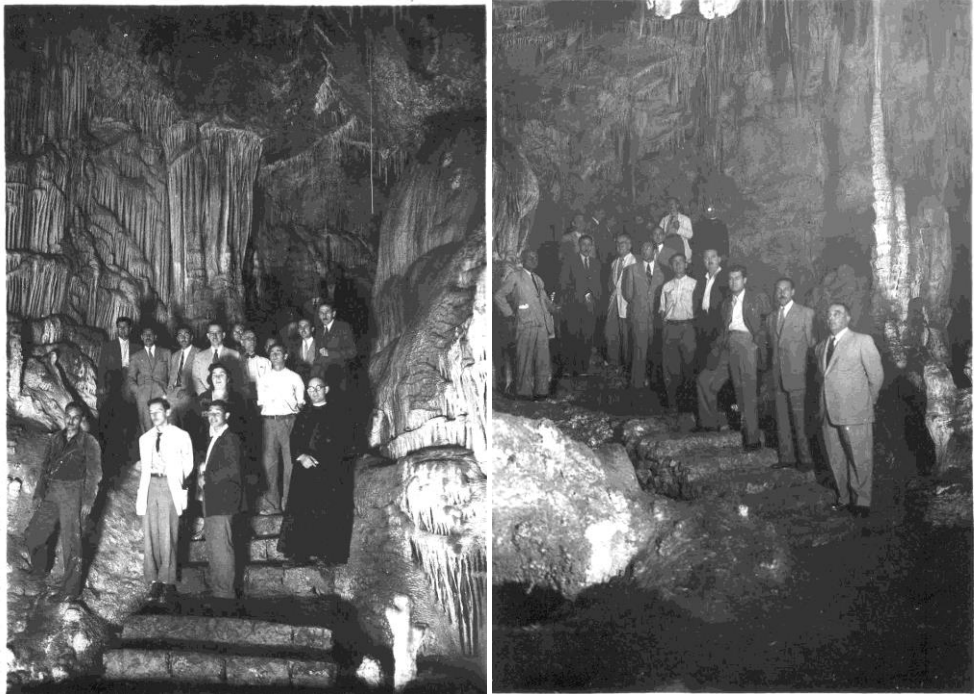
**Fig. 14.** Excursió del membres d'una embrionària Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) a l'exterior de les coves de Campanet (1948). Arxiu Andreu Muntaner.

**Fig. 14.** Excursion of the members of an embryonic Society of Natural History of the Balearics (SHNB) outside the caves of Campanet (1948). Andreu Muntaner Archive.

Guillem Colom publicat en “La Nostra Terra” sobre les troballes de miss Dorothea Bate, la descriptora de *Myotragus balearicus* i gràcies a això va determinar els ossos (Colom, 1935; Saz, 1946). Poc després també fou organitzada una visitada amb el professor Josep Francesc Villalta, el paleontòleg mallorquí Joan Bauzà i Guillem Colom (Villalta i Crusafont, 1946). S’ha de comentar que fins al moment només s’havien trobat restes de *Myotragus* en coves properes al litoral, d’aquí la importància d’aquesta troballa i el depòsit era molt important, d’uns 1,4 m de potència. Poc després de la seva descoberta un equip d’espeleòlegs catalans de la Universitat de Barcelona, acompanyats per Guillem Colom, exploraren la cavitat i realitzaren la seva primera topografia (Llopis-Lladó i Thomàs-Casajuana, 1948).

Les coves de Campanet han estat punt de trobada de naturalistes de les Balears, estudiosos de distintes disciplines. Prova d’això que una de les primeres excursions, sinó la primera, d’una les associacions científiques més antiga d’aquesta comunitat, la Societat d’Història Natural de les Balears, fou a les coves de Campanet el 1948 (Cañigueral, 1949; Pons i Vicens, 2006) poc després de la seva inauguració aquell mateix any. Els seus associats o personatges de fora de Mallorca foren acompanyats a visitar aquesta cavitat en distintes ocasions, no només per la seva bellesa, sinó pel seu gran interès científic. El pare jesuïta Joan Cañigueral, l’entomòleg i biospeleòleg Josep Maria Palau, el bon coneixedor

de la hidrogeologia de Mallorca Andreu Muntaner i molts altres visitaren les coves (Figs 14 i 15). Tal com indica Cañigueral (1949), “els assistents varen quedar molt satisfets de la visita i, cada un, segons la seva especialitat, feren encertades observacions” (Pons *et al.*, 2015).



**Fig. 15.** Dues imatges de l'excursió de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) a l'interior de les coves de Campanet (1948) Imatge també publicada per Cañigueral (1949). Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 15. Two photographs of the Excursion of the Society of Natural History of the Balearics (SHNB) inside the caves of Campanet (1948) Image also published by Cañigueral (1949). Andreu Muntaner Archive.*

## **Andreu Muntaner i la vida social a la Societat d'Història Natural de les Balears**

Andreu Muntaner ha estat durant molts d'anys un autèntic pal de paller, present en la vida social de la Societat, present en conferències i assemblees anuals. Un contertulià més en aquests moments d'encotre en el local de la Societat, ara tan desitjats en moments de COVID-19. Vet aquí algunes imatges d'Andreu Muntaner amb el malacòleg Maximino Forés (Fig. 16); amb el paelontòleg Dr. Salvador Moyà-Solà que feu una conferència el dia de l'assemblea general (Fig. 17); amb el carstòleg Dr. Àngel Ginés que li feia entrega de la monografia de la Societat número 18 (Fig. 18); i del dia de l'assemblea general el 2019 amb amics i membres de la junta directiva (Fig. 19).



**Fig. 16.** Esquerra. Andreu Muntaner parlant amb el malacòleg Maximino Forés, a la Societat, el 4 de maig de 2008, el dia de l'Assemblea General (Foto D. Vicens).

*Fig. 16. Left. Andreu Muntaner talking to the malacologist Maximino Forés, in the Society, on May 4, 2008, the day of the General Assembly (Photo D. Vicens).*

**Fig. 17.** Dreta. Andreu Muntaner parlant amb el paleontòleg Salvador Moyà, a la Societat, el 27 de maig de 2011, el dia de l'Assemblea General (Foto D. Vicens).

*Fig. 17. Right. Andreu Muntaner talking to paleontologist Salvador Moyà at the Society on May 27, 2011, the day of the General Assembly (Photo D. Vicens).*



**Fig. 18.** Andreu Muntaner parlant amb el carstòleg Angel Ginés, a la Societat, el 15 de juny de 2012, el dia de l'Assemblea General (Foto D. Vicens).

*Fig. 18. Andreu Muntaner talking to the karstologist Angel Ginés, at the Society, on June 15, 2012, the day of the General Assembly (Photo D. Vicens).*





**Fig. 19.** Fotografia feta el dia de l'Assemblea General del 2019, el 10 de maig de 2019. D'esquerra a dreta: Guillem X. Pons, Martín Llobera, Andreu Muntaner, Antoni Grau, Damià Vicens, Laura del Valle, Miguel McMinn, Agustina Janés, Gabriel Sevilla i Maria Vidal (Foto Joan Mayol).

**Fig. 19.** Photograph taken on the day of the 2019 General Assembly, May 10, 2019. From left to right: Guillem X. Pons, Martín Llobera, Andreu Muntaner, Antoni Grau, Damià Vicens, Laura del Valle, Miguel McMinn, Agustina Genés, Gabriel Sevilla and Maria Vidal (Photo Joan Mayol).

## Agraïments

El nostre més sincer agraïment a Antelm Ginard, membre de la junta directiva de la Societat d'Història Natural de les Balears i bon coneixedor de la figura d'Andreu Muntaner, per la lectura crítica del manuscrit i l'aportació dels seus suggeriments.

Aquest treball és una contribució del projecte: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.

## Bibliografia d'Andreu Muntaner Darder per ordre cronològic

- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1950. Nota sobre un nuevo yacimiento hallado en Palma de Mallorca como perteneciente al Plioceno. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 48, 1: 541-543.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1951. Visita a un nuevo yacimiento cuaternario. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 4 (fasc. 1, desembre).
- Muntaner, A. 1952. Notas geológicas sobre la bahía de Palma. Región Occidental. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*. (maig-juny).

- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1952. Nota sobre las playas cuaternarias con Strombus del Levante de la Bahía de Palma. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1-8 (juliol-setembre).
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1953. Contribución al estudio de las terrazas marinas cuaternarias de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 13-15 (fasc. 1).
- Muntaner, A. 1954. Nota sobre los aluviones de Palma de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 36-48.
- Muntaner, A. 1955a. Playas tirrenienses y dunas fósiles del litoral de Paguera a Camp de Mar (Isla de Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 49-58.
- Muntaner, A. 1955b. Nota preliminar sobre nuevas localidades de Cuaternario en la Isla de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 84-86.
- Muntaner, A. 1956. Nota sobre un fémur de *Myotragus balearicus* hallado en los aluviones de Sancellas. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 115-116.
- 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.
- Muntaner, A. i Palmer, E. 1956. Nota sobre el hallazgo de *Myotragus balearicus*, Bate, en los aluviones de Búger (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 95-98.
- Muntaner, A. i Rotger, P. 1956. Nota preliminar sobre un Nuevo yacimiento espeleológico con *Myotragus balearicus*, Bate, en Buñola (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 99-104.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la bahía de Palma. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 3: 78-125.
- Muntaner, A. 1959. Nota sobre la pretendida caída de un aerolito en las playas de Son Serra (Bahía de Alcudia) en la noche del 19 al 20 de agosto de 1958. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 27-29.
- Muntaner, A. 1959. Nota preliminar sobre las formaciones tirrenienses de la isla de Menorca (Balears). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 41-44.
- Muntaner, A. 1959. Noticia sobre la existencia de formaciones no citadas de Triásico, Jurásico, Cretácico, Oligoceno y Burdigaliense en la región de Sta. María – Marratxí (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 56-57.
- Muntaner, A. 1959. Noticia sobre la existencia de una cantera de época romana en las inmediaciones de Cala Pi (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 60-61.
- Vidal, M., Reig, F., Llamas, R. i Muntaner, A. 1961. Informe geológico acerca de las disponibilidades hidráulicas de todo género en la Isla de Mallorca. Asesoría Geológica de Obras Públicas. Inèdit.
- Muntaner, A. 1966. Distribución en Baleares de *Myotragus balearicus* Bate. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 12: 25-28.
- Muntaner, A. 1969. Bartolomé Darder y Pericás: Nota biográfica. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 15: 5-11.
- Muntaner, A. 1980. Geología. In: Barceló, B. i Mayol, J. (edit.). Estudio Ecológico de la albufera de Mallorca. Departamento de Geografía de la Universidad de Palma de Mallorca. 27-46.
- Muntaner, A. 1985. Formació i evolució geològica de s'Albufera. *Lluc*, 720: 6-7.
- Muntaner, A. (Col·laborador) 1986. Recursos Geològics (Volum 3). A: Història Natural dels Països Catalans. Enciclopèdia Catalana, S.A.
- Muntaner, A. (Col·laborador a l'apartat de hidrogeologia) 1992. In: Bover, M., Casas, J. i Morey, M. Estudio integrado de la isla de Formentera. Bases para un ecodesarrollo. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid. 231 pp.
- Muntaner, A. 1996. Memoria gráfica de Mallorca. 3 toms, 936 pp.
- Muntaner, A. 1998. 150 anys de Ciències de la Terra a Mallorca. In: Quaderns d'Història de la Ciència. Geologia. Una aproximació didàctica a l'obra de B. Darder. X Simposio para la Enseñanza de la Geología. Editorial Moll, Mallorca. 13-20.
- Muntaner, A. i Amengual, B. 1999. Ayer y hoy en Mallorca. 100 años de fotografía. Diario de Mallorca. Col·lecció de 104 làmines dins una carpeta.

- Muntaner, A. (Col·laborador). 1989-2005. Gran Enciclopèdia de Mallorca. Promomallorca, Palma, 25 volums.
- Muntaner, A. 2007-2008. Breu ressenya de la gestió del Laboratori Biològic Marí de Portopí, inaugurat el 1908 pel professor Odón de Buen, amb aportació fotogràfica. *Estudis Baleàrics*, 88-89: 49-75.
- Muntaner, A. 2010. Breu ressenya del vol de l'aviador Salvador Hedilla a sa Pobla (1916). *Estudis Baleàrics*, 98-99: 113-120.
- Muntaner, A. 2010. Un reportatge inèdit de les coves del Drac. In: Mayol, J., Muntaner, Ll., i Rullan, O. (Eds.) Homenatge a Bartomeu Barceló i Pons, geògraf. Lleonard Muntaner Editor. L'Arjau, 20: 233-240.
- Muntaner, A. i Cifre, M. 2012. Pintor, fotògraf i sacerdots. In: Bonnin F. X. (Editor) Sebastià Llobera. Pollença, 1831-1892. Retrats i paisatges, Consell de Mallorca. 86 pp.

## Referències

- Alcover, J. A., Llabrés, M. i Moragues, L. (coord.) 2000. *Les Balears abans dels humans*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 8: 78 pp. Ciutat de Mallorca. Edit., Sa Nostra-SHNB.
- Ballman P. i Adrover R. 1970. Yacimiento paleontológico de la Cueva de Son Bauzá (Mallorca). *Acta Geológica Hispánica*, 5: 58-62.
- Barceló, B. i Mayol, J. (coord.) 1980. *Estudio ecológico de la albufera de Mallorca*. Departamento de Geografía de la Universidad de Palma de Mallorca. 406 pp.
- Boada, J. i Orell J. J. 2009. La descoberta de Sòller: enigmes i aclariments. *Acta Numismàtica*, 39: 173-186.
- Bosch, G. 2019. El tesoro fotogràfic de Andreu Muntaner. Video. <https://www.diariodemallorca.es/videos/cultura/2019/04/04/entrevista-andreu-muntaner-3029454.html>
- Busquets, J. 1971. Mallorca Musulmana. In: Mascaró Pasarius, J (ed.). Historia de Mallorca Palma, I, I, Gráficas Miramar. pp. 577-685.
- Cañigüeral, J. 1949. Las cuevas de Campanet (Mallorca). *Ibérica* n° 72/ 2ª época: 178-199.
- Colom, G. 1935. Els estudis de Miss Bate sobre els vertebrats fòssils quaternaris de Mallorca. *La Nostra Terra*, 7: 140-144.
- Fornós, J.J. i Pons, G.X. 2007. Anàlisi històrica dels 50 volums del Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 50: 133-208.
- Fornós, J.J., Ramon, G. i Rayó, J.M. 1994. 40 anys del Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37: 187-218.
- Galiana Veiret, P. 2015. *Es Carnatge i l'illot de sa Galera*. Llibres de la Nostra Terra, Lleonard Muntaner Editor, 96; 217 pp.
- García-Yagüe, A. 1968. *Estudio hidrogeológico del llano de Palma*. Ministerio de Obras Públicas. D.G.O.P. – S.G.O.P., 3 vol.
- Gasull, Ll i Adrover, R. 1966. Fauna malacològica i mastològica del yacimiento des Bufador. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 12: 141-148.
- Gasull, Ll. 1963. Descripción de unas nuevas formas del genero *Helicella* (*Xeroplexa*) de Baleares. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 83-92.
- Gräfe, K-U. 2020. Galeria de paleontòlegs. Editat per Marcos A. Lamolda. <https://www.ugr.es/~mlamolda/galeria/biografia/wiedmann.html#autor> Consultat el 19-04-2020.
- Jaume Nadal, G. 2021. Col·laboracions d'estudis geològics entre Andreu Muntaner i Gori Jaume des de l'any 1973 fins a l'any 2004. In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33: 83-91.



- Lalueza-Fox, C., Shapiro, B., Bover, P., Alcover, J.A. i Bertranpetit, J. 2002. Molecular phylogeny and evolution of the extinct bovid *Myotragus balearicus*. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 25(3): 501-510.
- Llopis-Lladó, N. i Thomàs-Casajuana, J.M. 1948. La hidrología cárstica de los alrededores de Campanet (Inca-Mallorca). *Miscelánea Almera*, 2ª parte. Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona, 7: 39-60.
- Lmental Sostenibilitat i Futur. 2012. Vídeointervista con Andreu Muntaner Darder. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Direcció General de Recursos Hídrics. [https://www.youtube.com/watch?v=8dYu1IbCC\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=8dYu1IbCC_8)
- Marín Gelabert, M. A. 2020. El fons històric de fundació Endesa a les Illes Balears, una eina per a la història contemporània. *Mayurqa*, 2 V època: 71-75.
- Muntaner, A. 1955a. Playas tirrenienses y dunas fósiles del litoral de Paguera a Camp de Mar (Isla de Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 49-58.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la bahía de Palma. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 3: 78-125.
- Murillo, A. 2017. IB3 Notícies. <https://ib3.org/una-exposicio-recupera-les-imatges-del-litoral-de-palma-de-fa-100-anys>
- Palau, J. M. 1955. De Re Biospeleologica. II. El *Leptobythus* (nov. Gen.) palaui (nov. sp.) Jeann. (Col. Pselaphidae) de la Cova d'en Boixa. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 41-43.
- Palau, J. M. 1956. Noticia preliminar sobre algunas cavidades subterráneas de la Sierra de Na Burguesa. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 11 6-1 17.
- Palma XXI. Consultat el 12 de juny de 2018. <https://iniciativesxxi.com/ca/socis-honor/andreu-muntaner/>
- Pol, J. 2017. Un recorregut fotogràfic per la façana de Palma (c.1860-1960). Video <https://vimeo.com/297495589>
- Pons, G. X. i Vicens, D. 2004. La Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004): cinquanta anys de passió per la natura. IV Jornades del Medi Ambient de les Balears. SHNB, 247-249.
- Pons, G.X. i Vicens, D. 2006. Cinquanta anys d'estudi i divulgació de la natura de la Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004). In: Batlló, J., Ferran, J. i Piqueras M. (coord.). Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica (Barcelona, SCHCT). 379-389.
- Pons, G.X. i Vicens, D. 2017. La conservación de colecciones científicas: las colecciones de la Societat d'Història Natural de las Balears (SHNB). In: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. i Rodríguez, A. (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. Cuadernos del Museo Geominero, 21: 211-216.
- Pons, G.X., McMinn, M., González, J.M., Sevilla, G. i Vicens, D. 2015. La biodiversitat faunística de les fonts Ufanés i el seu entorn. In: Mir-Gual, M. (edit.). Les fonts Ufanés i el pla de Tel. Col·lecció Pla de Tel. Ajuntament de Campanet-Ed. Muntaner. 73-98.
- Redacció 2012. Videointervista: Andreu Muntaner Darder: història de la investigació i la captació d'aigua a les nostres illes. Govern de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Direcció General de Recursos Hídrics. Butlletí Portal de l'Aigua les Illes, 13. Novembre 2012.
- Redacció. 1951. La Sociedad de Naturalistas de Baleares. 1-2. Fascicle 1.
- Redacció. 1952a. Reuniones del 3 de Enero y 7 de Febrero. Fasc. 2, gener-febrer: 1.
- Redacció. 1952b. Sesión del día 6 de noviembre. Fasc. 2, novembre: 2.
- Redacció. 1955. Nueva localidad de *Myotragus balearicus* Bate. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 88-89.
- Redacció. 1959. Crónica. El V Congreso Internacional para el Estudio del Cuaternario en Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 63-66 i làm. 6 i 7.
- Redacció. 1966. Symposium de Deyá (Mallorca) sobre *Myotragus balearicus* Bate. Julio 1965. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 12: 3-6.

- Redacció. 1992. Prospeccions geològiques i exploracions subterrànies, els temes estrella. *Veü de Sóller*. 8 d'agost de 1992, núm. 171.
- Redacció. 1995. Andreu Muntaner i Darder. A: Vicens, D. i Ginard, A. (Coord.) *Naturalesa i societat*. Circular núm. 3 de la SHNB. pàg. 9.
- Redacció. 2011. Homenatge al President Honorífic Andreu Muntaner. *In*: Vicens, D. i Ginard, A. (Coord.). *Naturalesa i societat*. Circular núm. 36 de la SHNB. pàg. 1 i pàg. 4.
- Rodas, G. 2019. El tesoro fotográfico de Andreu Muntaner. *Diario de Mallorca*. 04-04-2019. <https://www.diariodemallorca.es/cultura/2019/04/04/tesoro-fotografico-andreu-muntaner/1406381.html>
- Rodríguez-Perea, A. 1994. La Societat d'Història Natural de les Balears a través de les seves actes. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37: 222-227.
- Rosselló Bordoy, G. 1986. Una experiència museològica: La sistematización de las colecciones de la Sociedad Arqueológica Luliana en 1933. *BSAL* 42: 231-244.
- Rotary Club de Mallorca. <https://rotaryclubdemallorca.org/premios-rotary-mallorca/> Consultat el 10-06-2020.
- Saz, E. 1946. Las nuevas cuevas de "Son Apat's" y fósiles de Mallorca. *Ibérica*, 72/ 2ª época: 513-518.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesi Doctoral. UIB. 985 pp.
- Vicens, D. i Pons, G. X. 2012. Els fòssils del Pleistocè superior procedents de jaciments de les Illes Balears a les col·leccions històriques de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). *Ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda)*. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 199-209.
- Vicens, D. i Pons, G. X. 2017. Es Carnatge (Bahía de Palma, Mallorca) como yacimiento de alto valor didáctico y punto de interés geológico. *In*: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. i Rodríguez, A. (Eds.), *Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 21: 217-223.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2018. Estat de les tasques de catalogació a la col·lecció Gabriel Fornés i a un segon lot de la col·lecció Andreu Muntaner a la SHNB. VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. *Soc. Hist. Nat. Balears*. 556-557.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2021. Les aportacions d'Andreu Muntaner Darder al Quaternari de les Illes Balears. *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). *La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 37-60.
- Vicens, D., Ginard, A. i Pons, G. X. 2018. Les primeres juntes directives de la Societat d'Història Natural de les Balears (1954-1967). VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. *Soc. Hist. Nat. Balears*. 540-543.
- Vicens, D., Pons, G.X. i del Valle, L. 2021. Moluscos continentales previos a la colonización humana presentes en las colecciones de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). *In*: Vicens, M.À. i Pons, G.X. (Eds.). *Avances en Arqueomalacología. Nuevos conocimientos sobre las sociedades pasadas y su entorno natural gracias a los moluscos*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32: 169-196.
- Vicens, D., Pons, G.X. i Mir, X. 2008. La col·lecció paleontològica Andreu Muntaner Darder (MNIB-SHNB). *In*: Pons, G. X. (edit.). V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. *Soc. Hist. Nat. Balears*. 429-436.
- Villalta J. F. i Crusafont M. 1946. Sobre el Pleistoceno de las Baleares y sus nuevos yacimientos de mamíferos. *Est. Geol.* 6, Barcelona.
- Vives, M. 1996. *Les Coves de Campanet*. Ajuntament de Campanet, col. Pla de Tel. 6. 104 pp. Campanet. Mallorca.
- Wiedmann, J. 1962. Ammonites du Crétacé inférieur de Majorque (Baléares). 1 partie: *Lytocerotina et Aptychi*. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 8: 3-54 i 10 planxes.

## ANNEX 1

En primer lloc diré que per a mi l'homenatjat continua essent el “Senyor Muntaner”, un jove amic de mon pare que venia sovint per ca nostra i que jo associï a records d'infantesa i a fòssils. Per això us prego que em permeteu (com a sòcia) adherir-me des del Cap i Casal de Catalunya a aquest acte d'homenatge a n'Andreu Muntaner.

Fa pocs dies, al rebre la convocatòria de l'Assemblea i llegir l'ordre del dia, la meua reacció immediata va ser Jo hi vull anar. Aleshores vaig córrer com una nina veciada a dir-li al meu home que tenia ganes d'anar a Palma i estar present a aquest acte. N'Alfons em respongué que també li venia de gust i que podia acompanyar-me. A continuació valoràrem les possibilitats de deixar la meva germana discapacitada amb la meua filla o dur-la amb noltros, com fem casi sempre. Emperò després de cavilar-ho

me n'he adonat de que aquest mes vaig atrafegada amb la feina i resulta complicat deixar a na Maita sense noltros. Al capdavall, he decidit enviar-vos aquest breu missatge. No fa falta remarcar que per a la Societat d'Història Natural n'Andreu Muntaner ha estat i és un referent sempre present. Dins el meu record en Muntaner és una persona lligada a mon pare, als fòssils i a la meua infància. El cas és que quan rememoro la nostra casa de Palma ell hi està sovint present, com una visita que arribava d'horabaixada, quan els nins ja havíem berenat i acabat els deures escolars, de manera que segurament degué rebre més d'una pilotada... Trucava a la porta, anàvem a obrir, anunciàvem el seu nom tot cridant per tal d'advertir al nostre pare, que l'esperava sense moure's. Aleshores en Muntaner entrava, girava a l'esquerra i s'endinsava a la sala on es trobava mon pare amb les seves “pedres”. Llavors reprenien la conversa obligadament interrompuda uns dies abans, a causa del crit de guerra familiar: ¡Juan! ¡A cenar!

El record amb americana, vestit amb roba obscura, tot i que en aquells temps tot era obscur...; però sempre ens somreia discretament d'una manera característica que jo avui descriuria com a “esperançada”. Tal vegada aquell somriure l'encertà: definitivament aquella època cruel s'ha esvaït.

Mai vaig saber exactament de què parlaven ell i mon pare. Supòs que de fòssils i del Quaternari..., però me'n record de que les seves converses no començaven ni acabaven. Com si sempre tinguessin moltes coses per dir-se, per contar-se, per mostrar-se.

Els dos romanien a la sala d'estar, aliens al truí de la casa, mentre noltros entràvem, sortíem, corríem, cridàvem ... No sé si en Muntaner encara conserva aquesta capacitat de concentració, al bell mig de l'enrenou que noltros produfem. Si així és, la meua més sincera felicitació, Andreu.

Vaig marxar de Mallorca ben joveneta i no el vaig veure pus. Arran de visites familiars sovint demanava notícies seves a mon pare. Quan mon pare va morir, al funeral, a la desfilada dels condols ens saludà un senyor amb barba, i vaig endevinar que era ell quan inicià un somriure que em resultava molt conegut. El meu germà gran em confirmà més tard que la meua intuïció era correcta.

Des de Barcelona, rere un mar blau no llunyà, vull agrair-li com a sòcia, la seva dedicació a la Societat d'Història Natural de les Balears, el seu incondicional suport als més joves i tota la ingent tasca realitzada. Com a filla d'en Juan Cuerda, les moltes agradables estones que compartí amb mon pare. I com a Marimar, oferir-li disculpes per un seguit d'impertinències infantils que segurament va haver d'aguantar.

Amb una forta i carinyosa abraçada per al “Sr. Muntaner” i les meves afectuoses salutacions per la Junta i l'Assemblea.

Mar Cuerda

Barcelona, 15 de maig de 2010

Carta de Mar Cuerda llegida el dia de l'Assemblea General de la SHNB del 2010 a un homenatge que es va fer al President Honorífic de la Societat, Andreu Muntaner, el dia 28-05-2010. Extret de Naturalesa i societat. Circular núm. 36 de la SHNB.

# Les aportacions científiques d'Andreu Muntaner Darder al Quaternari de les Illes Balears

Damià VICENS i Guillem X. PONS

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Vicens, D. i Pons, G.X. 2021. Les aportacions científiques d'Andreu Muntaner Darder al Quaternari de les Illes Balears. *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). *La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 37-60. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

Andreu Muntaner i Darder, cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB), va ser un dels estudiosos pioners en el coneixement de la geologia i especialment del Pleistocè de les Illes Balears. Els seus estudis estratigràfics del Quaternari litoral a la badia de Palma, juntament amb els paleontològics de Joan Cuerda, varen impulsar que quan es va celebrar el 1957 a Espanya la V reunió de l'INQUA (International Quaternary Congress), es realitzàs una excursió a Mallorca, i els dipòsits de cala Pudent i es Carnatge es coneguessin a nivell internacional. Paral·lelament, els seus talls estratigràfics, el seu arxíu fotogràfic i la seva col·lecció han servit per posteriors estudis del Quaternari.

**Paraules clau:** *Quaternari, estratigrafia, Mallorca, Andreu Muntaner.*

ANDREU MUNTANER DARDER SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS TO THE QUATERNARY OF THE BALEARIC ISLANDS. Andreu Muntaner i Darder, co-founder of the Natural History Society of the Balearic Islands (SHNB), was one of the pioneering workers in the knowledge of geology and especially of the Pleistocene of the Balearic Islands. His stratigraphic studies of the coastal Quaternary in the Bay of Palma, together with the paleontologists of Joan Cuerda, led to the fact that when the V INQUA (International Quaternary Congress) meeting was held in Spain in 1957, an excursion to Mallorca, and the deposits of Cala Pudent and Es Carnatge were known internationally. At the same time, its stratigraphic cuts, its photographic file and its collection have been used for later studies of the Quaternary.

**Keywords:** *Quaternary, stratigraphy, Mallorca, Andreu Muntaner.*

*Damià VICENS i Guillem X. PONS, Universitat de les Illes Balears, carrer. Valldemossa s/n, departament de Geografia, Grup de Recerca BIOGEMED i Societat d'Història Natural de les Balears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. 07011 Palma. Email: [dvicens7@hotmail.com](mailto:dvicens7@hotmail.com) i [guillemx.pons@uib.es](mailto:guillemx.pons@uib.es)*

## Introducció

La Marmora (1834) i Haime (1855) són els primer en dedicar unes línies al Quaternari de Mallorca. Posteriormente Hermite (1879) reconeix dos nivells al Quaternari marí a l'Est de Palma. El nivell inferior constituït pels conglomerats citats per Haime (1855), conté *Acanthocardia tuberculata* i altres espècies vivents actualment al Mediterrani, exceptuant *Strombus bubonius*. Al nivell superior atribueix les calcàries citades per La Marmora, per haver-hi trobat nombroses restes de copinyes marines de mida petita, així com de foraminífers.

Lozano (1884) comenta que hi ha al·luvions i marès. I que aquest es troba generalment prop de la mar. Lozano (1884), Hermite (1879), Hoernes (1905) i Collet (1909) no encerten en la gènesi de les calcàries amb *Helix*, i és Gignoux (1913) qui senyala el vertader origen d'aquestes formacions, considerant-les en part, com antigues dunes consolidades.

La paleontòloga Dorothea Bate, també a principis del segle XX (Bate, 1909; 1914a; 1914b; 1918), va donar a conèixer la fauna de vertebrats del Pleistocè de Menorca i Mallorca, destacant el peculiar caprí *Myotragus balearicus* i Andrews (1915) realitza un treball específic sobre ell. Passen bastants d'anys fins que surt un treball de paleontologia de vertebrats, així Bate (1944) descriu la musaranya fòssil *Nesiotites hidalgo* a partir de materials procedents de les Gimnèsies. Posteriorment, és Mercadal (1959) qui cita *M. balearicus* de la Cova Murada (Menorca).

Fallot (1922) al parlar del Quaternari de Mallorca dedica la seva atenció als al·luvions, i en parlar de les formacions marines, reproduceix el que va esmentar Hermite (1879).

Denizot (1930) cita formacions amb *Strombus* al llevant de Palma i els dona una edat del Monesterià.

Bauzá (1946) presenta un treball on descriu els jaciments de Camp de Mar, el Molinar-Torre de'n Pau, Magalluf i Ca'n Picafort. En aquest treball ja menciona en Muntaner per deixar-li fòssils procedents de Magalluf i del Molinar.

A partir del treballs de Joan Cuerda i Andreu Muntaner, iniciats als inicis de la dècada dels 50 del segle passat, i publicats majoritàriament al Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears, els jaciments de la badia de Palma són els millors coneguts de les costes mediterrànies espanyoles en aquella dècada (Porta, 1956), per la qual cosa quan a l'any 1957 es celebrà a Espanya el V congrés de l'INQUA, es va planificà una visita a Mallorca.

La troballa dels jaciments de la zona de cala Pudent (Figs. 1, 2 i 3) i es Carnatge es deu a Andreu Muntaner, quan el 1947 fent el servei militar va visitar la zona (Galiana Veiret 2015). Posteriorment, hi va anar amb el seu company de batalla, en Joan Cuerda.

A la resta de l'arxipèlag els estudis pioners sobre el Quaternari venen per part de Vidal i Molina (1888) i Fallot (1922) citant alguns jaciment marins del Quaternari d'Eivissa. Spiker i Haanstra (1935) cita el de cap Jueu (Eivissa). A l'illa de Menorca les primeres referències sobre afloraments quaternaris les trobam a treballs de Nolan (1895; 1933) i de Fallot (1922; 1933).

### **Els articles de n'Andreu Muntaner del Quaternari**

El primer escrit on participa Muntaner l'hem de cercar al *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, a l'any 1950. L'escriu en col·laboració amb Joan Cuerda. Els dos autors descriuen un jaciment a cala Gamba on hi havia un registre paleontològic d'aigües salabroses que daten com del Pliocè (Cuerda i Muntaner 1950), degut a la influència del treball d'Hermite (1879). Poc anys després Cuerda i Muntaner (1952), citen el jaciment sense descriure'l.

El segon article que firma en Muntaner, també en col·laboració amb en J. Cuerda, sobre el Quaternari és a l'any 1951, al fascicle 1 del *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares*, depenent de la *Real Sociedad Española de Historia Natural*. Es tracte d'un article senzill i fa referència a l'estratigrafia i registre paleontològic dels dipòsits de platja



**Fig. 1.** Fotografia d'Andreu Muntaner de cala Pudent, a la imatge Joan Cuerda, amb el martell de geòleg. Als primers treballs aquest indret es denominat *Campo de Tiro*, topònim que arriba fins a treballs recents.

**Fig. 1.** Photograph by Andreu Muntaner of cala Pudent, in the picture Joan Cuerda Barceló, with the geologist's hammer. The earliest works this place is called *Campo de Tiro*, this toponym is been used in recent works as well.



**Fig. 2.** Cala Pudent el 2008, quan un vaixell especialitzat realitzava tasques per a instal·lar un gasoducte que entrava a terra un centenar de metres a l'O de la cala. (Foto D. Vicens. 24-10-2008).

**Fig. 2.** Cala Pudent in 2008, when a specialized boat was performing the task of installing a gas pipeline that went ashore a hundred meters to the west of the cove. (Photo by D. Vicens. 24-10-2008).



**Fig. 3.** Cala Pudent el 2010, quan els temporals de l'hivern varen treure a centenars de metres cúbics d'arena grollera procedents de les obres submarines del gasoducte. (Foto Damià Vicens, 08-07-2010). Actualment la platja presenta un aspecte semblant.

**Fig. 3.** Cala Pudent in 2010, when winter storms removed hundreds of cubic meters of coarse sand from underwater works on the pipeline. (Photo by Damià Vicens, 08-07-2010). The beach is currently similar aspect.



que hi ha a can Vanrell, pròxim a s'Arenal (Cuerda i Muntaner 1951).

L'any 1952 i 1953, continua publicant amb la col·laboració de Cuerda. Així, Cuerda i Muntaner (1952) realitzen un primer estudi del Quaternari entre es Portitxol i el cap Enderrocat essent la primera vegada que es fa una distinció entre dos nivells del Tirrenià II. Estudien varis sectors: el Molinar, es Coll den Rebassa, s'Arenal i el cap Enderrocat. A les platges aixecades amb *Strombus* distingeixen dos nivells marins principals, esglaonat a +4 m i +2 m snm. La terrassa de +4 m la consideren més antiga per trobar en algunes zones superposada la de +2m. En total citen 105 espècies marines procedents de les platges; també citen mol·luscs continentals constituents de la fauna prehumana mallorquina com són *Iberellus companyonii*, *Xerocrassa frater*, *X. prietoi*, *Tudorella ferruginea*, etc.

Cuerda i Muntaner (1953) estudien la fauna del dipòsit del Pleistocè superior de la cova de sa Gata, citant 10 taxons. Remarquen la importància de les coves litorals per a l'estudi del Quaternari.

Muntaner (1954) presenta sis sondejos realitzats a Palma, entre ells el de la fàbrica de Gas i Electricitat que presenta nivells amb fòssils marins del Pleistocè superior. Cuerda (1954) estudia la fauna trobada.

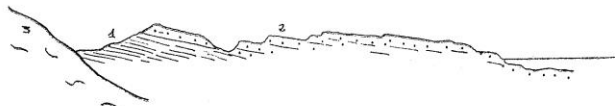
Muntaner (1955a) estudia els jaciments de Camp de Mar i Paguera. El jaciment de Camp de Mar tenia un estudi previ de Bauzà (1946), emperò no tenia un tall estratigràfic. El de Paguera era una novetat. Muntaner (1955a) realitza un treball molt acurat on presenta varis talls de cada jaciment (Fig. 4) i insinuava implícitament que hi havia diferències faunístiques entre dues terrasses del Pleistocè superior.

El mateix any que el treball anterior, Muntaner (1955b) presenta una nota on cita noves localitats del Pleistocè.

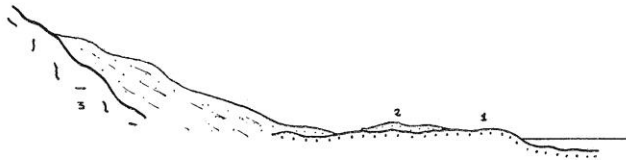
(Veure pàgina següent →)

**Fig. 4.** Talls estratigràfics de Muntaner (1955a) de Paguera i Camp de Mar. A- Paguera: 1- Argiles vermelloses pre-tirrenianes amb *Tudorella ferruginea*. 2- Terrassa tirreniana amb *Strombus*. 3- Calcàries oligocenes. B- Paguera: 1- Terrassa tirreniana amb *Strombus*. 2- Duna fòssil. 3- Calcàries oligocenes. C- Camp de Mar (Varadero): 1- Conglomerats cimentats del Tirrenià inferior amb *Strombus*. 2- Duna coetània al Tirrenià amb *Strombus*. 3- Argiles arenoses vermellenques. 4- Duna post-Tirrenià inferior. 5- Al·luvions del Villafranquià. 6- Margo-calcàries juràssiques. D- Camp de Mar (Solarium): 1- Restes de duna de la terrassa inferior amb *Strombus*. 2- Conglomerats arenosos de la terrassa superior. 3- duna coetània de la terrassa superior. 4- Argiles arenoses vermelloses. 5- Duna cimentada posterior a la terrassa inferior. E- Camp de Mar (Illeta): 1- Conglomerats cimentats del Tirrenià inferior amb *Strombus*. 2- Conglomerats argilosos. 3- Duna fòssil.

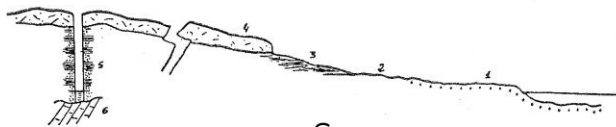
**Fig. 4.** Stratigraphic scheme of Muntaner (1955a) from Paguera and Camp de Mar. A- Paguera: 1- Pre-Tyrrhenian reddish clays with *Tudorella ferruginea*. 2- Tyrrhenian terrace with *Strombus*. 3- Oligocene limestones. B- Paguera: 1- Tyrrhenian terrace with *Strombus*. 2- A fossil dune. 3- Oligocene limestones. C- Camp de Mar (Varadero): 1- Cemented conglomerates of the lower Tyrrhenian with *Strombus*. 2- A contemporary Tyrrhenian dune with *Strombus*. 3- Reddish sandy clays. 4- A lower post-Tyrrhenian dune. 5- Alluvial del Villafranquià. 6- Jurassic Margo-limestones. D- Camp de Mar (Solarium): 1- Rest of the dune on the lower terrace with *Strombus*. 2- Sandy conglomerates of the upper terrace. 3- a contemporary of the upper terrace. 4- Reddish sandy clays. 5- A cemented dune behind the lower terrace. E- Camp de Mar (Illeta): 1- Cemented conglomerates of the lower Tyrrhenian with *Strombus*. 2- Clay conglomerates. 3- Fossil dune.



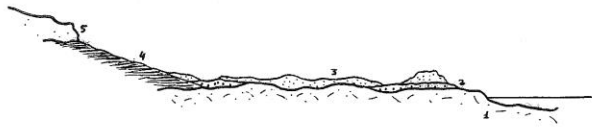
A



B



C

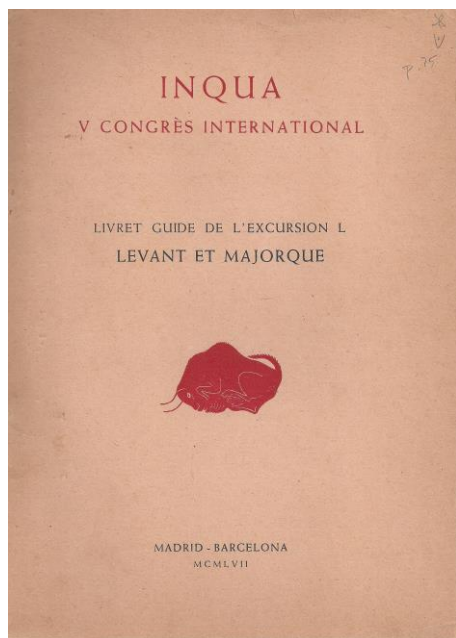


D



E

Dos anys després, el 1957, Muntaner participa en el quadernet de la sortida de camp (Figs 5, 6 i 7) de l'INQUA (Colom *et al.*, 1957) i amb un article llarg sobre l'estratigrafia del dipòsits del Pleistocè de la badia de Palma. Aquest article forma part d'un monogràfic sobre el Quaternari de Mallorca i que va tenir cabuda al Bolletí núm. 3 de la Societat d'Història Natural de les Balears. El treball de Muntaner (1957) és un treball transcendental ja que presentava, per primera vegada, l'estratigrafia de cala Pudent i d'es Carnatge, i d'al-



**Fig. 5.** Portada del quadernet L de la sortida allevant peninsular i Mallorca per part de l'INQUA el 1957. El logotip és d'una pintura rupestre d'Altamira.

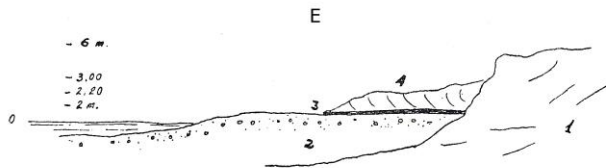
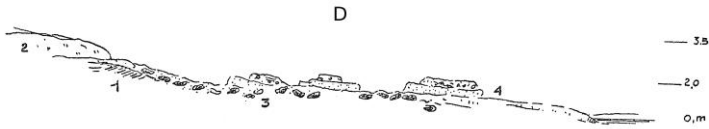
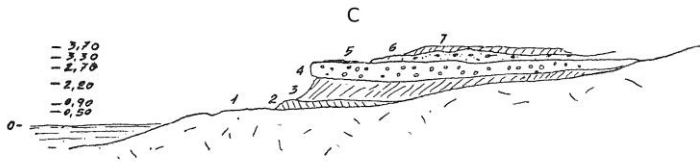
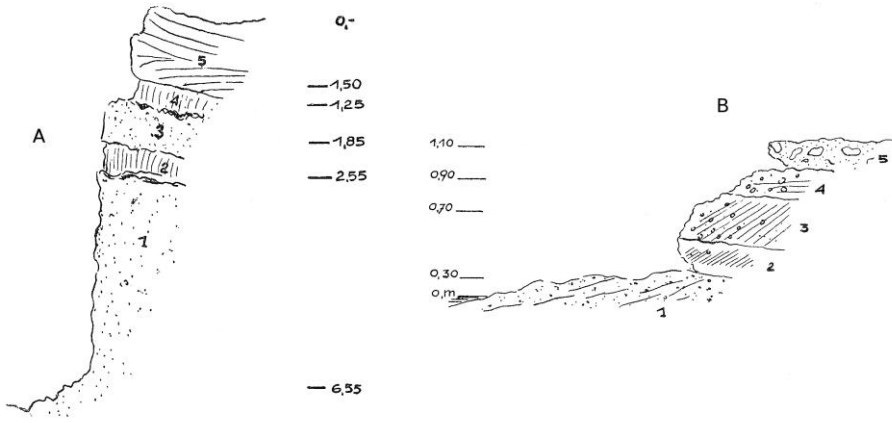
**Fig. 5.** Cover of the notebook L of the exit to the peninsular east and Mallorca by INQUA in 1957. The logo is of a Altamira cave painting.

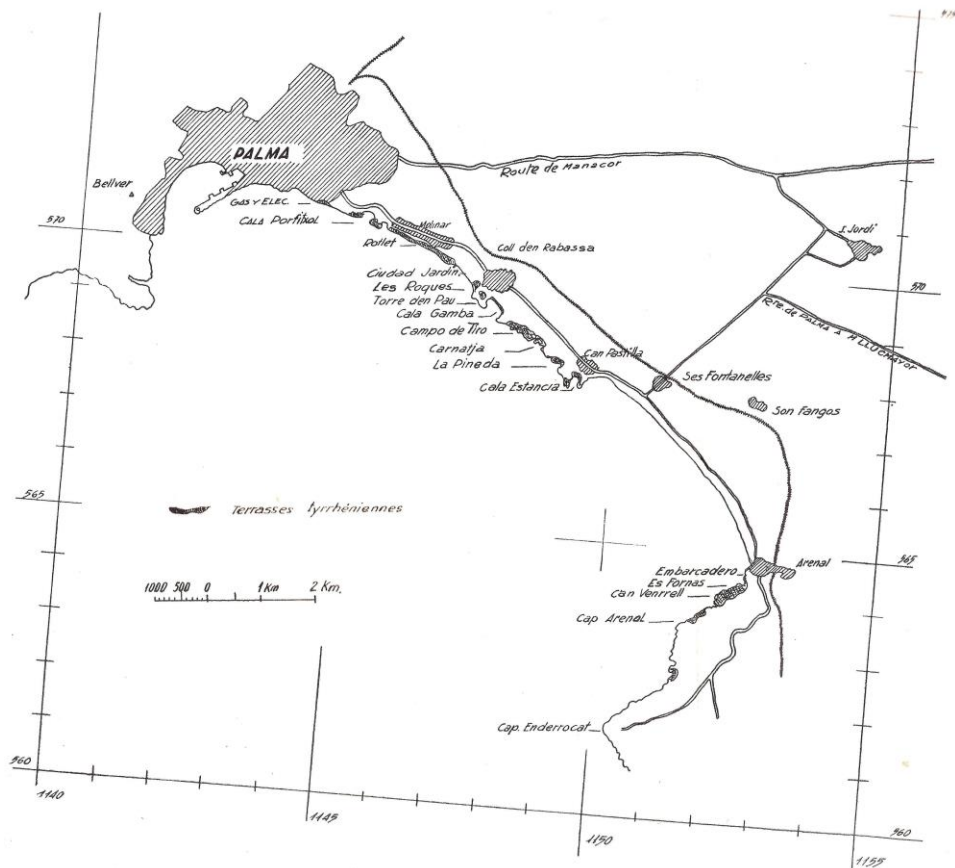
tres indrets de la badia de Palma (Fig. 8 i 9). Els talls son molts aclaridors i són la base per a treballs posteriors. Alguns jaciments ja no es poden observar degut a la pressió urbanística de la segona meitat del segle XX, és el cas de Magalluf i Punta Nadala a Calvià (Fig. 9), i de Punta Bateria a Palma (Figs. 10 i 11), entre d'altres.

També es qui millor repasa la història prèvia a l'inici dels seus estudis i presenta un mapa geològic dels voltants de la badia de Palma (Fig. 12).

**Fig. 6.** Talls estratigràfics de la sortida a Mallorca al quadernet L de l'INQUA 1957, a Colom *et al.* (1957). A- Pedreres entre es Carnatge i Son Mosson: 1- Gran duna. 2- Sol d'alteració (equivalent al núm. 3 del Camp de Tir, loc. A). 3- Duna 2 (equivalent al núm. 6 del Camp de Tir, loc. A). 4- Llims vermells (equivalents al núm. 7 del Camp de Tir, loc. a). 5- Duna del Frandrià. B- Cala Gamba: 1- Gran duna. 2- Margues argiloses blavoses amb *Cardium edule* i *Melania*. 4- Llims vermells remoguts amb fauna marina. 5- Lumaquel·la, Tirrenià del nivell de +2 m. C- Camp de Tir, loc. a, nivell de 4 m amb *Strombus*: 1- Gran duna amb crosta vermellosa. 2- Llims arenoses groguencs estèrils. 3- Llims vermells amb *Helix* i crosta vermellosa. 4- Terrassa tirreniana amb *Strombus*. 5- Crosta vermellosa. 6- Arenes cimentades amb elements rodats i *Helix*. 7- Llims rosats amb crosta vermellosa. D- Camp de Tir, loc. b, nivell tirrenià de 2 m: 1- llims vermells. 2- tirrenià amb *Strombus*. 3- Fragments rodats i cimentats de la terrassa amb *Strombus*. 4- Platja amb graves i còdols (nivell de 2 m). E- Es Fornàs: 1- Gran duna. 2- Terrassa tirreniana amb *Strombus*. 3- Llims rosats. 4- Duna.

**Fig. 6.** Stratigraphic scheme of the field trip to Mallorca in the L-notebook of the INQUA 1957, in Colom *et al.* (1957). A- Quarries between Es Carnatge and Son Mosson: 1- Big dune. 2- Soil alteration (equivalent to No. 3 of the Camp de Tir, loc. A). 3- Dune 2 (equivalent to No. 6 of the Camp de Tir, loc. A). 4- Red silt (equivalent to No. 7 of Camp de Tir, loc. A). 5- Dune of the Frandrià. B- Cala Gamba: 1- Great dune. 2- Bluish clayey margins with *Cardium edule* and *Melania*. 4- Red silt removed with marine fauna. 5- Lumaquela, Tyrrhenian of the level of +2 m. C- Shooting Range, loc. a, 4 m level with *Strombus*: 1- Large dune with reddish crust. 2- Sterile yellowish sandy silt. 3- Red slime with *Helix* and reddish crust. 4- Tyrrhenian terrace with *Strombus*. 5- Reddish crust. 6- Sands cemented with rolling elements and *Helix*. 7- Pink slime with reddish crust. D- Shooting Range, loc. b, Tyrrhenian level of 2 m: 1- red limes. 2- Tyrrhenian with *Strombus*. 3- Rolled and cemented fragments of the terrace with *Strombus*. 4- Beach with gravel and pebbles (2 m level). E- Es Fornàs: 1- Great dune. 2- Tyrrhenian terrace with *Strombus*. 3- Pink limes. 4- Dune.

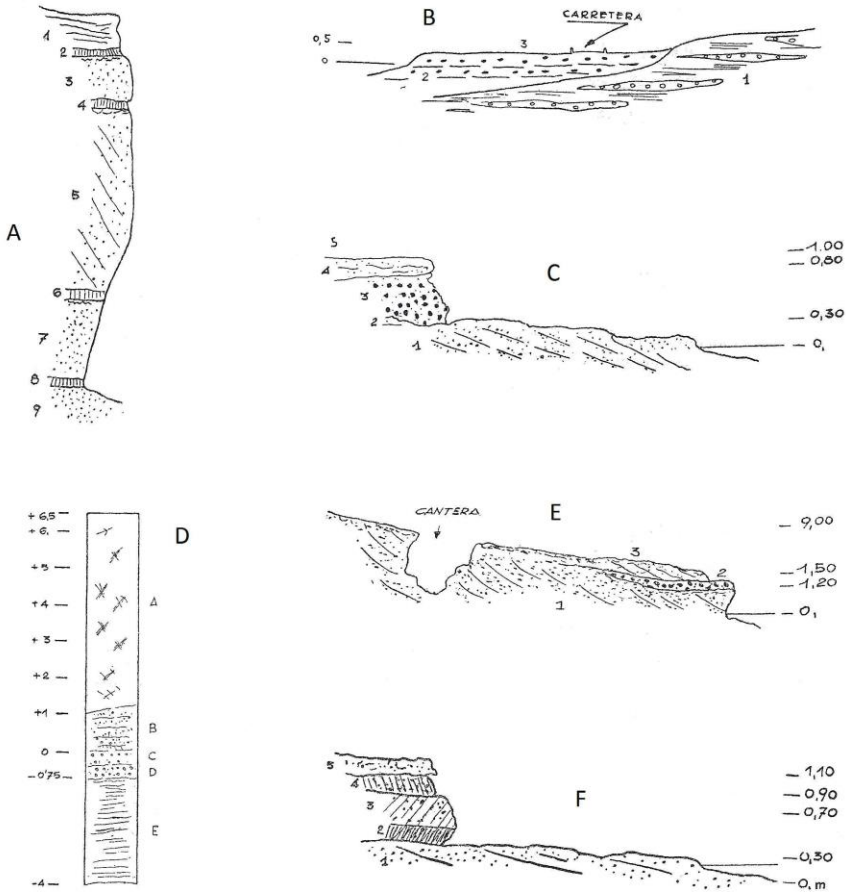




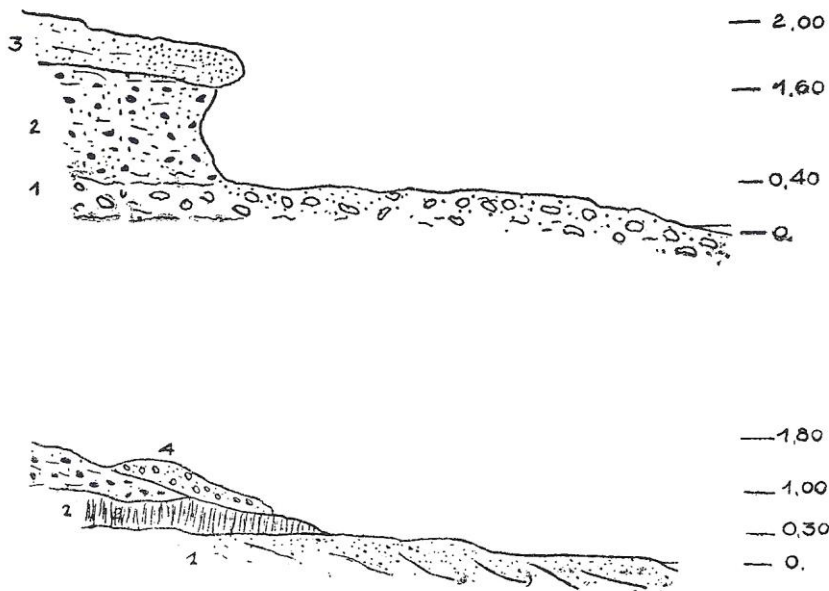
**Fig. 7.** Situació dels jaciments tirrenians del llevant de la Badia de Palma al quadernet L de l'INQUA 1957, a Colom et al. (1957).

**Fig. 7.** Location of the Tyrrhenian deposits on the eastern part of the Bay of Palma in the INQUA 1957 notebook L, in Colom et al. (1957).

**Fig. 8.** Talls estratigràfics de la badia de Palma a Muntaner (1957). Alguns no s'han reproduït perquè ja sortien al quadernet de l'excursió de l'INQUA. A- Pedrera de ses Cadenes: 1- Duna del Flandrià. 2- Sòl marró amb abundants *Helix*. 3- Duna 2?. 4- Sòl vermellós. 5- Duna 1?. 6- Sòl vermellós. 7- Duna 1?. 8- Sòl grisenc amb *Helix*. 9- Duna 1?. B- Molinar-Rotlet.: 1- Al·luvions pre-tirrenians. 2- Terrassa amb *Strombus*. 3- Crosta vermellova. C- Las Rocas: 1- Gran duna. 2- Nivell vermellós amb *Helix* i *Melania*. 3- Conglomerats amb *Strombus*. 4- Arenes marines. 5- Crosta vermellova. D- Sondeig de la Fàbrica de Gas i Electricitat: a- Ompliments actuals. b- Arenes marines. c- Arenes amb còdols rodats de platja i petxines marines. d- Còdols rodats de platja. e- Llims arenosos vermells. E- Las Rocas-Torre d'en Pau: 1- Gran Duna. 2- Terrassa amb *Strombus*. 3- Duna 2m. F- Cala Gamba: 1- Gran duna. 2- Margues argiloses blavoses amb *Cardium edule* i *Melania*. 3- Idem groguenques. 4- Llims vermells remoguts amb fauna marina. 5- Tirrenià del nivell 2 m amb elements rodats de la terrassa de 4 m.



**Fig. 8.** Stratigraphic scheme of the Bay of Palma in Muntaner (1957). Some were not reproduced because they were already on the INQUA excursion notebook. A- Pedrera de ses Cadenes: 1- Flandrian dune. 2- Brown soil with abundant *Helix*. 3- Dune 2 ?. 4- Reddish soil. 5- Dune 1 ?. 6- Reddish soil. 7- Dune 1 ?. 8- Grayish soil with *Helix*. 9- Dune 1 ?. B- Molinar-Rotlet.: 1- Pre-Tyrrhenian alluvium. 2- Terrace with *Strombus*. 3- Reddish crust. C- Las Rocas: 1- Great dune. 2- Reddish level with *Helix* and *Melania*. 3- Conglomerates with *Strombus*. 4- Marine sand. 5- Reddish crust. D- Survey of the Gas and Electricity Factory: a- Current fillings. b- Marine sand. c- Sands with rolled pebbles of beach and seashells. d- Rolled pebbles on the beach. e- Red sandy silt. E- Las Rocas-Torre d'en Pau: 1- Great Dune. 2- Terrace with *Strombus*. 3- Dune 2. F- Cala Gamba: 1- Great dune. 2- Bluish clayey margins with *Cardium edule* and *Melania*. 3- Idem yellowish. 4- Red silt removed with marine fauna. 5- Tyrrhenian level 2 m with elements rolled from the terrace 4 m.



**Fig. 9.** A la part superior, tall estratigràfic de Magalluf (Calvià) a Muntaner (1957): 1- Al·luvions pre-tirrenians. 2- Tirrenià del nivell de 4 m amb *Strombus*. 3- Arena estratificada amb *Helix*, duna 2 ?. A la part inferior, Punta Nadala (Calvià) a Muntaner (1957): 1- Gran Duna. 2- Llims vermells amb *Helix*. 3- Tirrenià del nivell de 4 m amb *Strombus*. 4- Còdols marins rodats recents. Flandrià ?.

**Fig. 9.** Above, stratigraphic scheme from Magalluf (Calvià) to Muntaner (1957): 1- Pre-Tyrrhenian floods. 2- Tyrrhenian of the level of 4 m with *Strombus*. 3- Sand stratified with *Helix*, dune 2 ?. At the bottom, Punta Nadala (Calvià) to Muntaner (1957): 1- Great Dune. 2- Red slime with *Helix*. 3- Tyrrhenian of the 4 m level with *Strombus*. 4- Recent rolling sea pebbles. Flandian ?.

Muntaner (1959) publica un article sobre el Pleistocè de Menorca. A la primavera de 1956 va visitar algunes localitats al N de l'illa i va poder observar formacions dunars ja descrites per altres autors i alguns dipòsits al·luvials d'origen fluvial, emperò no va trobar platges quaternàries. Posteriorment va tornar a Menorca i es va posar en contacte amb Benet Mercadal, amb qui va trobar la platja pleistocena de Son Bou (Fig. 13).

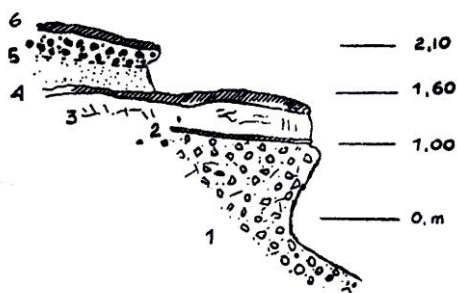
Pocs anys després, juntament amb en Cuerda, realitzen un treball referit a un dipòsit del Pleistocè superior marí a la Badia de Palma, situat a una alçada inusual, a +11 m per damunt del nivell de la mar actual amb una plataforma marina (Cuerda i Muntaner 1960), interpretació que arriba a Zazo *et al.* (2005), i considerada per Zazo *et al.* (2012) com del MIS 11, tal volta perquè Hearty (1987) li donava uns 300 ka. Vicens (2015) qüestiona la presència de la plataforma, i interpreta aquest nivell inusual com una tempestita del MIS 5e.





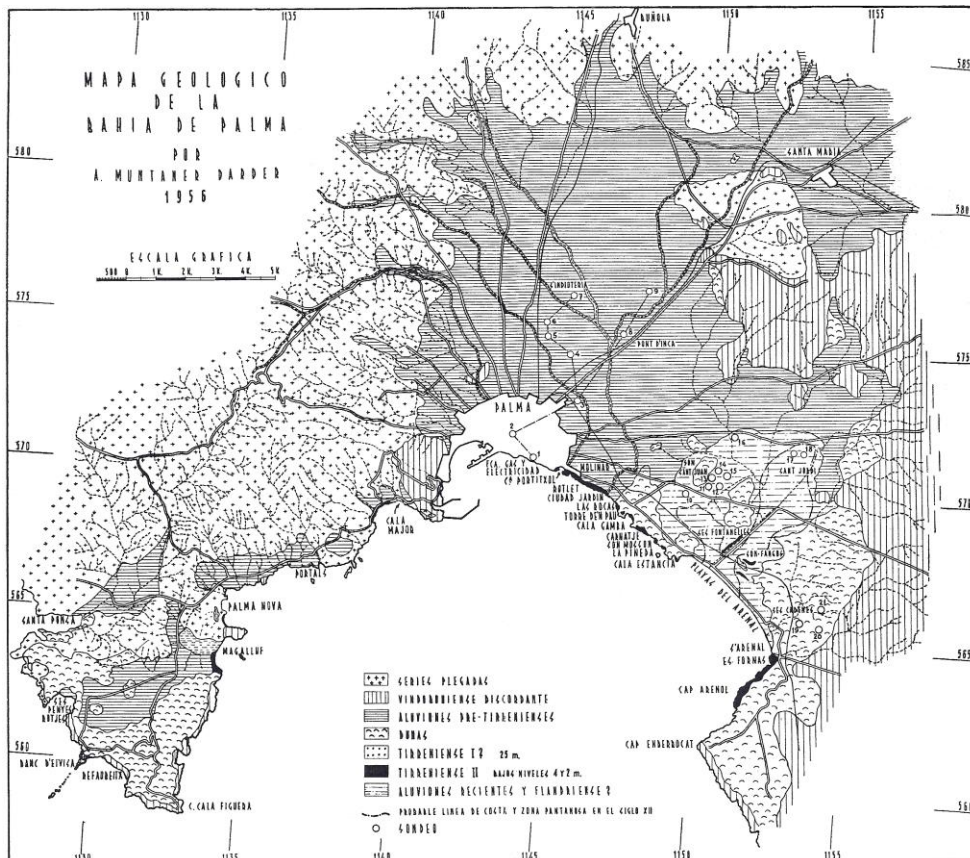
**Fig. 10.** Punta Bateria en Es Portitxol (Palma). Principis de la dècada del 50 del segle passat. Es pot observar els materials quaternaris que hi havia. Les cases es varen esbucar a la primera meitat de la dècada del 80, per donar pas a noves infraestructures vials, portuàries i relacionades amb la regeneració de platges. Foto Andreu Muntaner.

*Fig. 10. Punta Bateria in Es Portitxol (Palma). The beginning of the 50's of the last century. You can see the quaternary materials there. The houses were demolished in the first half of the 1980's, to give way to new road, port and beach regeneration infrastructures. Photo Andreu Muntaner.*



**Fig. 11.** Tall estratigràfic de Punta Bateria en Es Portitxol (Palma) a Muntaner (1957). 1- Al·luvions cimentats pre-tirrenians. 2- Crosta vermellosa. 3- Llims calcificats. 4- Costra vermellosa. 5- Tirrenià amb *Strombus*. 6- Crosta vermellosa.

*Fig. 11. Stratigraphic scheme of Punta Bateria in Es Portitxol (Palma) in Muntaner (1957). 1- Pre-Tyrrhenian cemented alluvium. 2- Reddish crust. 3- calcified slimes. 4- Reddish crust. 5- Tyrrhenian with *Strombus*. 6- Reddish crust.*



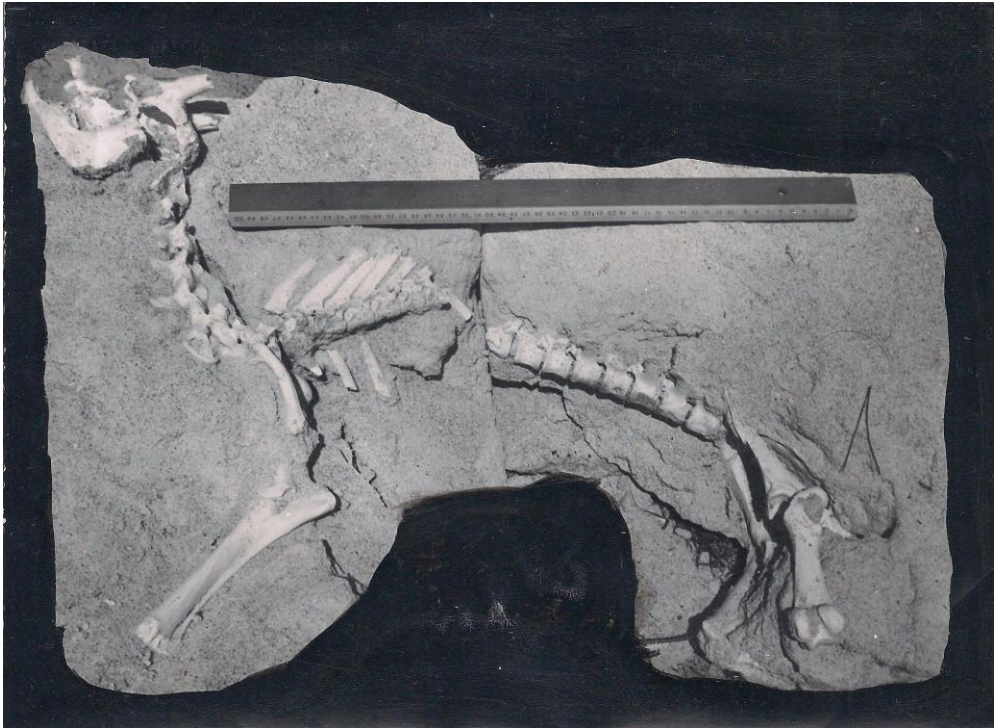
**Fig. 12.** Mapa geològic de la badia de Palma publicat a Muntaner (1957).

**Fig. 12.** Geological map of the Bay of Palma published in Muntaner (1957).



**Fig. 13.** Tall estratigràfic de Son Bou. 1- Calcàries del Miocè. 2- Llims arenosos vermellosos amb *Iberellus companyonii* i *Chondrula gymnesica*. 3- Arenes cimentades amb *Iberellus* i *Chondrula*, així com algun tàxon marí. 4- Formació marina amb còdols rodats de platja i *Thais haemastoma*, entre 1,5 m i 2 m.

**Fig. 13.** Stratigraphic scheme of Son Bou. 1- Limestone of the Miocene. 2- Reddish sandy silt with *Iberellus companyonii* and *Chondrula gymnesica*. 3- Sands cemented with *Iberellus* and *Chondrula*, as well as some marine taxa. 4- Marine formation with beach pebbles and *Thais haemastoma*, between 1.5 m and 2 m.



**Fig. 14.** *Myotragus balearicus* en connexió anatòmica procedent d'una eolianita de la pedrera de Son Jaumell. Foto Andreu Muntaner.

**Fig. 14.** *Myotragus balearicus* in anatomical connection from an Eolianite from Son Jaumell quarry. Photo Andreu Muntaner.

A part dels treballs relacionats amb el Pleistocè marí, Muntaner també va participar en unes notes sobre l'extint bòvid *Myotragus balearicus*, notificant les troballes a al·luvions de Sencelles (Muntaner, 1956) i Búger (Muntaner i Palmer, 1956), a una eolianita de Capdepera (Muntaner i Cuerda, 1956) (Fig. 14), i a un jaciment càrstic de Bunyola (Muntaner i Rotger, 1956). Un decenni més tard, Muntaner (1966) va presentar un article de la distribució de *Myotragus balearicus* a les Balears a un Simposi celebrat a Deià el mateix any.

Anys més tard, a un monogràfic sobre s'Albufera a la revista Lluç, Andreu Muntaner va realitzar un breu article sobre la gènesi d'aquesta amb algunes dades quantitatives sobre la seva hidrologia (Muntaner, 1985). Per aquell temps s'iniciaven els tràmits per l'adquisició de s'Albufera per part del Govern autonòmic i per ICONA (Barceló, 1985).

## El V congrés de l'INQUA a Mallorca

La Unió Internacional per a l'estudi del Quaternari (International Union for Quaternary Research o INQUA) és una organització no governamental fundada l'any 1928, que té per

objecte l'estudi dels canvis climàtics durant el Quaternari i la investigació de les causes i efectes d'aquests canvis. Forma part del Consell Internacional per a la Ciència (Council for Science), organització fundada el 1931.

A l'any 1957, el V congrés de l'INQUA es va fer a Espanya, a Barcelona i Madrid, i amb excursions a distints indrets de la geografia peninsular i de les illes. Així hi va haver una excursió a Mallorca. Aquest congrés va afavorir els contactes i perspectives de col·laboració entre especialistes espanyols i estrangers (Aguirre, 2005) i va influir de manera indirecte en la labor dels paleontòlegs espanyols per estimular el desenvolupament de noves vies d'investigació (Truyols, 1986).

Gràcies a una crònica anònima apareguda al Bolletí núm. 5 de 1959, tenim informació sobre l'excursió a Mallorca i com es va dur a terme (Anònim, 1959).

El Dr. Lluís Solé Sabarís, de la Universitat de Barcelona, va ser que va iniciar les gestions per fer una excursió a Mallorca degut a la importància de les formacions quaternàries presents a l'illa. El Dr. Francisco Hernández-Pacheco i el Dr. Ll. Solé Sabarís, vicepresident i secretari de la comissió organitzadora, feren una visita prèvia a Mallorca per a organitzar l'excursió a l'illa i la formació d'un Comitè local que col·laboràs en aquest esdeveniment i ajudàs a cercar allotjament als congressistes.

El president de la SHNB, Miquel Oliver, amb alguns socis, va parlar amb les autoritats per tal de perfilar una sèrie d'actes que es durien a terme durant aquesta excursió a Mallorca. Seguidament es va nomenar el comitè local, el qual va quedà integrat per les següents persones: el Capità General de les Balears, el Comandant General de la Base naval de Balears, el Governador Civil, el Batlle de Palma, el President de la Diputació Provincial, el ponent de Cultura de l'Ajuntament de Palma, Vicenç Ferrer de Sant Jordi, el President de la SHNB Miquel Oliver, el President de la Societat Arqueològica Lul·liana Joan Pons Marquès, el Rector de l'Estudi General Lul·lià Gerard Thomàs, el Secretari del Foment de Turisme Lluís Sainz, i els socis de la SHNB, Teresa Valls, Guillem Colom, Joan Cuerda i Andreu Muntaner. El secretari del Comitè va ser el soci Joan Bauzà, que se va encarregar d'aspectes logístics com l'allotjament del congressistes i del transport.

El 10 de setembre de 1957, uns 200 congressistes es traslladaran a Palma. Al dia següent iniciaren una visita als jaciments pleistocens de la badia de Palma, on els guies foren en Ll. Solé Sabarís, en Noel Llopis Lladó, en J. Cuerda i n'A. Muntaner (Figs. 15, 16, 17 i 18) Després anaren a les coves del Drac a Porto Cristo, on els assistents varen poder escoltar les explicacions donades per N. Llopis Lladó. L'horabaixa, de tornada a Palma, es va inaugurar una exposició monogràfica sobre el Quaternari balear a l'Estudi General Lul·lià, organitzada per la SHNB, amb materials de J. Cuerda i A. Muntaner (Fig. 19).

El dia 12 es varen visitar els al·luvions del Jonquet a Palma (Fig. 20) i a continuació els congressistes visitaren Valldemossa, Deià i Port de Sóller, on es va fer una excursió marítima fins a La Calobra amb el vaixell de l'armada espanyola Tritón. En Guillem Colom va ser qui va explicar la geologia d'aquesta zona de la serra de Tramuntana. Ja de tornada a Palma, s'havia fet de vespre, a l'exterior del castell de Bellver. es va fer un homenatge al geòleg Bartomeu Darder i Pericàs. El batle accidental, Màxim Alomar, va descobrir un monòlit a la memòria de tan il·lustre geòleg, que tant havia contribuït a la geologia balear (Figs. 21 i 22). Màxim Alomar, el president del Congrés, en José Maria Albareda i el geòleg francès Paul Fallot, varen oferir als congressistes i als familiars de



l'homenejat emotius discursos. L'acte va finalitzar amb ball de bot i un vinet, ofert per l'Ajuntament de Palma i la Diputació provincial.



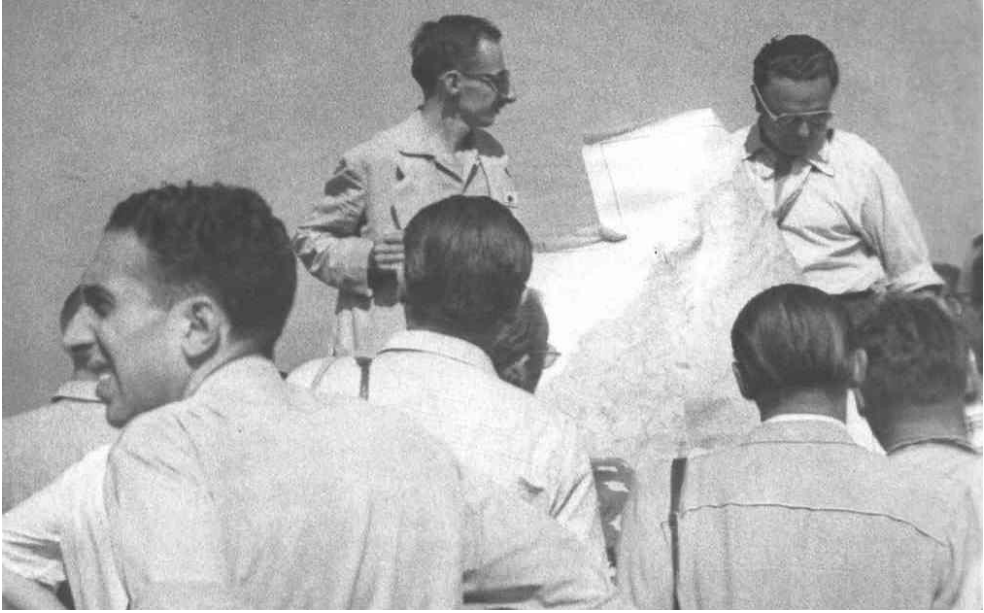
**Fig. 15.** Els congressistes a Cala Gamba (Palma). V Congrés de l'INQUA, 11 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 15. The congressmen in Cala Gamba (Palma). 5th INQUA Congress, September 11, 1957. Andreu Muntaner Archive.*



**Fig. 16.** Andreu Muntaner amb en Lluís Solé Sabarís a la zona d'Es Carnatge (Palma). V Congrés de l'INQUA, 11 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 16. Andreu Muntaner with Lluís Solé Sabarís in the area of Es Carnatge (Palma). 5th INQUA Congress, September 11, 1957. Andreu Muntaner Archive.*



**Fig. 17.** Andreu Muntaner amb en Noel Llopis Lladó. V Congrés de l'INQUA, 11 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 17. Andreu Muntaner with Noel Llopis Lladó. 5th INQUA Congress, September 11, 1957. Andreu Muntaner Archive.*



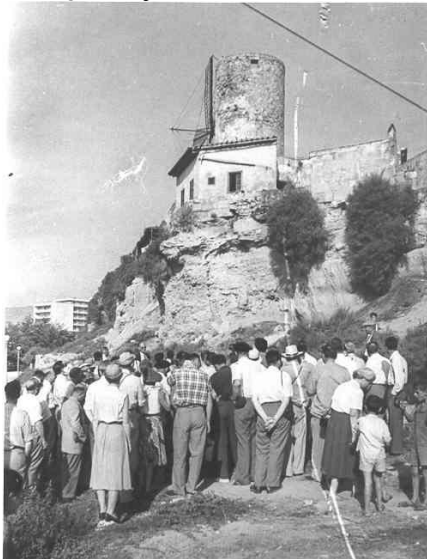
**Fig. 18.** Andreu Muntaner i Guillem Colom per es Carnatge (Palma). V Congrés de l'INQUA, 11 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 18. Andreu Muntaner and Guillem Colom for Es Carnatge (Palma). 5th INQUA Congress, September 11, 1957. Andreu Muntaner Archive.*



**Fig. 19.** Exposició del Quaternari feta amb material de J. Cuerda i A. Muntaner. El senyor de assenyalat amb la fletxa és José María Albareda, primer secretari del CSIC i President del V Congrés de l'INQUA, 11 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 19. Quaternary exhibition made by J. Cuerda and A. Muntaner. The gentleman indicated with the arrow is José María Albareda, first secretary of the CSIC and President of the 5th Congress of the INQUA, September 11, 1957. Andreu Muntaner Archive.*



**Fig. 20.** Visita als al·luvions quaternaris del Jonquet (Palma). V Congrés de l'INQUA, 12 de setembre de 1957. Arxiu Andreu Muntaner.

*Fig. 20. Visit to the quaternary alluvial del Jonquet (Palma). 5th INQUA Congress, September 12, 1957. Andreu Muntaner Archive.*





**Fig. 21.** El batle accidental de Palma, Màxim Alomar, descobrint un monòlit al bosc de Bellver (Palma) a la memòria del geòleg Bartomeu Darder Pericàs, que tant havia contribuït a la geologia balear. V Congrés de l'INQUA, 12 de setembre de 1957. Foto Juanet, obtinguda a partir de la crònica al Bolletí de la SHNB núm. 5 de 1959.

*Fig. 21.* The accidental mayor of Palma, Màxim Alomar, discovering a monolith in the forest of Bellver (Palma) in the memory of the geologist Bartomeu Darder Pericàs, who had contributed so much to the Balearic geology. 5th INQUA Congress, September 12, 1957. Photo Juanet, obtained from the chronicle in the Bulletin of the SHNB no. 5 of 1959.

En aquells temps, tot controlat pel regim franquista, s'hi varen infiltrar policies a les sortides per a observar el que feien o deien els estrangers, sobretot els provinents de països comunistes o afins. Se va poder saber qui eren els policies quan es va repartir el bolletí núm. 3, el monogràfic del Quaternari de Mallorca, ja que ni el varen obrir, se'l varen posar davall el braç (com. oral Andreu Muntaner).

És per aquest congrés que el Bolletí número 3 de la Societat d'Història Natural de les Balears és un volum monogràfic del Quaternari de Mallorca. Muntaner (1957) explica l'estratigrafia dels jaciments i Cuerda (1957) la paleontologia.

### **La col·lecció paleontològica del Quaternari**

Part d'aquesta col·lecció estava ja dipositada a la seu de la SHNB i la major part es va dur l'any 2007 a la Societat. La col·lecció està catalogada parcialment, ja que als inicis del 2008 Andreu Muntaner va dur més fòssils els quals no se troben tots incorporats a la base de dades de la Societat.

La primera tasca de catalogació es va fer el 2007 realitzant un informe, i els resultats també es donaren a conèixer a les V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, el 2008. En total s'efectuaren 1120 entrades de registres paleontològics, que es corresponen amb 4116 espècimens, distribuïts en 154 localitats. Del Quaternari hi ha 3218 espècimens,



**Fig. 22.** Situació actual del monòlit a l'exterior del castell de Bellver, a la cara S. Es pot observar a la part dreta de la fotografia el monòlit (Foto D. Vicens). Al monòlit es llegeix "A la memoria del ilustre geòlogo mallorquí Bartolomé Darder Pericás (1894-1944). Homenaje que le dedica el Excmo. Ayuntamiento de Palma con motivo del V Congreso Internacional. INQUA 1957".

**Fig. 22.** *Current situation of the monolith outside the Bellver castle, on the S. side. The monolith can be seen on the right side of the photo (Photo D. Vicens). The monolith reads "In the memory of the illustrious Majorcan geologist Bartolomé Darder Pericás (1894-1944). Tribute dedicated to the Hon. Palma City Council on the occasion of the V International Congress. INQUA 1957".*

del Terciari 471, del Secundari 70 i sense especificar la cronologia 372. La majoria de localitats són de Mallorca, exceptuant 2 d'Eivissa, 1 de Menorca i 1 de Cabrera (Vicens *et al.*, 2008).

Els fòssils portats a la seu de la SHNB, després de la primera catalogació, són del Secundari i Terciari mallorquí. Hores d'ara hi ha una part d'aquests fòssils que estan catalogats. El 2008 es varen catalogar les restes ictiològics de la col·lecció, què consten de 619 peces procedents de 10 localitats del Miocè (9 de Mallorca i 1 de Menorca) amb 12 tàxons i una localitat del Pliocè de Mallorca amb 3 tàxons (Vicens i Pons, 2018).

Aquesta col·lecció històrica important ens trasllada a la Mallorca pre-turística i a les vivències d'Andreu Muntaner, és per això que mereix un capítol apart (veure en aquesta monografia).

## **Comentaris finals i agraïments**

Sense cap tipus de dubte, la descripció i talls estratigràfics de jaciments importants del Pleistocè superior, majoritàriament de la Badia de Palma, realitzats per Muntaner (1955, 1957), així com altres treballs realitzats en col·laboració, han estat un pilar per a altres treballs posteriors del Quaternari, així hi ha treballs de caire general com són els fets per

Solé Sabarís (1962), Hearty (1987), Vicens i Gràcia (1998), Vicens *et al.* (2001; 2012); relacionats en congressos o sortides de camp, com són Cuerda (1979), Goy *et al.* (2005), Balaguer (2012), Fornós *et al.* (2012), Vicens i Pons (2017); informes tècnics, com el de Galmés (2004), compendis com el de Cuerda (1975), una tesina com la de Morey (2008a; 2008b) o una tesi, com la de Vicens (2015), entre d'altres.

Aquests treballs del Quaternari realitzats a la dècada del 50 per Andreu Muntaner i Joan Cuerda varen impulsar que quan es va celebrar la V reunió de l'INQUA, el 1957 a Espanya, es realitzàs una excursió a Mallorca.

Són moltíssims els treballs que citen algun article d'en Muntaner i la llista seria molt llarga. Això és una clara evidència de la transcendència que ha tingut les seves aportacions, amb avantatge de la publicada al 1957 sobre les formacions quaternàries de la badia de Palma. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares* de Joan Cuerda, un compendi extraordinari (Cuerda, 1975), ha eclipsat parcialment els treballs d'en Muntaner a molt de públic, emperò la tesi de Vicens (2015) dona un valor imprescindible al treball d'en Muntaner dins la història del coneixement del Quaternari de les Balears.

Actualment hi ha jaciments que no es poden observar degut a la pressió urbanística que ha sofert el litoral i el primer escrit que documenta l'estratigrafia d'aquests jaciments és un treball d'en Muntaner. És el cas de Magalluf, Punta Bateria (Portixol), Torre d'en Pau i cala Gamba, descrits per Muntaner (1957).

La col·lecció naturalística Andreu Muntaner és una col·lecció històrica important, i documenta els jaciments estudiats per Muntaner (Vicens *et al.*, 2008), i de visitats i no estudiats (Vicens, 2015), formant part del fons de col·leccions paleontològiques de la SHNB (Pons i Vicens, 2017).

Gràcies al seu arxiu fotogràfic hi ha fotografies de molts de jaciments del Pleistocè mallorquí als anys 50, i està documentat gràficament les sortides del Congrés de l'INQUA de 1957 al litoral de la badia de Palma.

## Agraïments

Aquest treball és una contribució del projecte: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.

## Bibliografia

- Aguirre, E. 2005. Marcos de cooperación internacional en estudios paleontológicos del Cuaternario en España. A: *VIII Jornadas Aragonesas de Paleontología: La cooperación internacional en la Paleontología española*: [celebradas en Riela (Zaragoza), del 7 al 9 de noviembre de 2003] / Editores J. A. Gámez Vintaned, E. Liñán y J. I. Valenzuela-Ríos. Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», 267-276.
- Andrews, C.W., 1915. A description of the skull and skeleton of a peculiarly modified rupicaprine antelope (*Myotragus balearicus*, Bate), with a notice of a new variety, *M. balearicus* var. *major*. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.*, 206: 281-305.
- Anònim, 1959. Crònica. El V Congreso Internacional para el Estudio del Cuaternario en Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 5: 63-66 i lám. 6 i 7.

- Balaguer, P. 2012. Es Carnatge (Badia de Palma. Palma de Mallorca). Guia de camp de les VI Sortides Geogràfiques del Col·legi de Geògrafs / Societat Geogràfica de les Illes Balears. 67 pp.
- Barceló, B. 1985. S'Albufera salvada. *Lluc*, 720: 4-5.
- Bate, D. M. A. 1909. Preliminary note on a new artiodactyle from Majorca, *Myotragus balearicus*, gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, dec. 5, vol. 6, núm. 543: 385-390.
- Bate, D. M. A. 1914a. A gigantic land tortoise from the pleistocene of Menorca. *Geol. Mag.* N. S. dec. 6, T.1, 100-107 London.
- Bate, D. M. A. 1914b. The pleistocene ossiferous deposits of the Balearic Islands. *Geol. Mag.* N. S. dec. 6, T.1, 347-354. London.
- Bate, D. M. A. 1918. On a new genus of extinct muscardine rodent from the Balearic Islands. *Proc. Zool. Soc. London*, pp. 209-272. London.
- Bate, D. M. A. 1944. Pleistocene Shrews from the larger western mediterranean islands. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.* 11 T. 11, 738-769. London.
- Bauzá, J. 1946. Contribución a la paleontología de Mallorca. Notas sobre el Cuaternario. *Estudios Geológicos*, 4: 199-204.
- Collet, L. W. 1909. Quelques observations sur la Geologie de la Sierra de Majorque. *Archives Sciences Physiques et Naturelles, Genova*. 27: 589-615.
- Colom, G., Cuerda, J. i Muntaner, A. 1957. Les formations quaternaires de Majorque. In: Solé-Sabarís, L., Hernández-Pacheco, F., Jordà, F. i Pericot, L. (Eds.): *Livret guide de l'Excursion L. Levant et Majorque*. V Congreso internacional INQUA: 27-52.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1951. Visita a un nuevo yacimiento Cuaternario. *Bol. de la sección de Baleares de la Real. Soc. Esp. Hist. Nat.* Fascículo 1º, Febrero-Diciembre 1951.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1952. Nota sobre las playas con *Strombus* del Levante de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1,1: 1-8.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1953. Contribución al estudio de las terrazas marinas cuaternarias de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1,1: 13-15.
- Cuerda, J. 1957. Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 3: 3-76.
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Inst. Est. Bal. Palma. 304 pp.
- Cuerda, J. 1979. Formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. Guía a la excursión nº 4 del VI Coloquio de Geografía. 22 pp. Palma.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1950. Nota sobre un nuevo yacimiento hallado en Palma de Mallorca como perteneciente al Plioceno. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 48, 1: 541-543.
- Cuerda, J. i Muntaner, A. 1960. Nota sobre diversos niveles tirrenienses localizados en las cercanías de Cap Orenol (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 6: 37-46.
- Denizot, G. 1930. Sur un rivage Quaternaire de l'île de Majorque et sur les derniers changements de la mediteranee occidentale. *Assoc. Francaise pour l'Avance des Sciences*. Alger. 177-180.
- Fallot, P. 1922. *Étude géologique de la Sierra de Majorque*. Tesi doctoral. Libr. Polytechnique Ch. Béranger, Paris i Liège, 480 pàgs.
- Fallot, P. 1933. Le problème de l'île de Minorque. *Bulletin de la Société Géologique de France*, XXIII:3-44
- Fornós, J. J., Ginés, A., Ginés, J., Gómez-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 fiel trip. In: Ginés, A.; Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. & Fornós, J.J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 163-220.
- Galiana Veiret, P. 2015. *Es Carnatge i l'illot de sa Galera*. Lleonard Muntaner Editor. Llibres de la nostra Terra, 96: 1-215.
- Galmés, A. 2004. Estudio paleontológico de la zona de es Carnatge. Hidroma S.L. Informe. 34 pp.

- Gignoux, M. 1913. *Les formations marines Pliocenes et Quaternaries de l'Italie du Sud et de la Sicilie*. Ann. Universidad de Lyon. vol. 36. 693 pp., 42 figs, 4 pI. i 21 láms. Lyon.
- Ginard, A., Ginés, A. i Vicens, D. 2011. Les exploracions espeleològiques a les Illes Balears. La Federació Balear d'Espeleologia. *Endins* 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 11-36.
- Gómez-Pujol Ll. i Pons, G. X. 2007. La geomorfología litoral de Mallorca cuarenta y cinco años después. In: Fornós, J.J., Ginés, J. i Gómez-Pujol, Ll. (eds.): *Geomorfología Litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 15: 17-37.
- Haime, J. 1855. Notice sur la geologie de l'ille de Majorque. *Bull. Soc. Geol. de France*, 12: 734-752.
- Hearty, P. 1987. New Data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Sciences Reviews*, 6: 245-257.
- Hermite, H. 1879. *Etudes géologiques sur les Iles Baleares. Premier partie; Majorque et Minorque*. 362pp. Paris.
- Hoernes, R. 1905. Untersuchung der jüngeren Tertiärablagerungen des westlichen Mittelmeergebietes. *Sitzungsberichte d. K. K. Akad. D. Wissensch*, 124: 637-737.
- Lozano, R. 1884. *Anotaciones físicas y geológicas de la isla de Mallorca*. Palma, p. 1-68.
- Marmora, De La. 1834. Observations géologiques sur les deux Iles Baleares (Majorque et Minorque). *Mem. Real Acad. Science Torino*, 38: 51 pp.
- Mercadal, B. 1959. Breve noticia sobre el hallazgo de un incisivo de *Myotragus* en una cueva menorquina junto a cerámica neolítica. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 57-59.
- Morey, B. 2008a. *El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i conservació*. Memòria d'Investigació. Universitat de les Illes Balears. Dep. Ciències de la Terra. Inèdit. 288 pp.
- Morey, B. 2008b. El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes per a la gestió i conservació. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, , 51: 227-258.
- Muntaner, A. 1954. Nota sobre los aluviones de Palma de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*. 1<sup>a</sup> época, Tomo I, pp. 36-48.
- Muntaner, A. 1955a. Playas fósiles y dunas fósiles del litoral de Paguera a Camp de Mar (Isla de Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 49-57.
- Muntaner, A. 1955b. Nota preliminar sobre nuevas localidades de Cuaternario en la isla de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 84-86.
- Muntaner, A. 1956. Nota sobre un fémur de *Myotragus balearicus* hallado en los aluviones de Sancellas. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 115-116.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 3: 77-126.
- Muntaner, A. 1959. Nota preliminar sobre las formaciones tirrenienses de la Isla de Menorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 33-39.
- Muntaner, A. 1966. Distribución en Baleares de *Myotragus balearicus* Bate. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 12: 25-28.
- Muntaner, A. 1985. Formació i evolució geològica de S'Albufera. *Lluc*, núm 720: 46-47.
- 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.
- Muntaner, A. i Palmer, E. 1956. Nota sobre el hallazgo de *Myotragus balearicus*, Bate, en los aluviones de Búger (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*. 2: 95-98.
- Muntaner, A. i Rotger, P. 1956. Nota preliminar y sobre un nuevo yacimiento espeleológico con *Myotragus balearicus*, Bate, en Buñola (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*. 2: 99-104.
- Nolan, M.H. 1895. Rasgos generales de la estructura geologica del archipiélago balear. *Bull. Soc. Geol. France*, 23: 79-91.
- Nolan, M.H. 1933. Nota sobre diversos puntos de la geología menorquina para dilucidar y comprobar. *Revista de Menorca*, 28: 152-159.

- Pons, G. X. i Vicens, D. 2004. La Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004): cinquanta anys de passió per la natura. *IV Jornades del Medi Ambient de les Balears*. SHNB, 247-249.
- Pons, G. X. i Vicens, D. 2006. Cinquanta anys d'estudi i divulgació de la natura de la Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004). *Actes de la VIII trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. (Barcelona, SCHCT) 379-389.
- Pons, G.X. i Vicens, D. 2017. La conservació de colleccions científiques: las collecciones de la *Societat d'Història Natural de las Balears (SHNB)*. In: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. y Rodríguez, A. (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 21: 211-216.
- Porta, J. 1956. Bibliografía sobre el cuaternario marino de las costas mediterráneas de España. *Estudios Geológicos*, 31: 300-325.
- Spiker, E. Th. i Haanstra, U. 1935. Geologie von Ibiza (Balearen). *Assoc. pour l'etude geol. de la Medite. Occid.* 3(5): 1-89.
- Truyols, J. 1986. Presentación. Medio siglo de paleontología en España. *Revista Española de Paleontología*, 1: 7-11.
- 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. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesi Doctoral. UIB. 985 pp.
- Vicens, D. i Gracia, F. 1998. Aspectes paleontològics i estratigràfics del Plistocè superior de Mallorca. In: Fornós J. J. ed. *Aspectes geològics de les Balears*: 191-220. UIB. Palma.
- Vicens, D. i Pons, G. X. 2012. Els fòssils del Pleistocè superior procedents de jaciments de les Illes Balears a les col·leccions històriques de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). *Ordre Archaeogastropoda (Classe Gastropoda)*. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 199-209.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2017. Es Carnatge (Bahía de Palma, Mallorca) como yacimiento de alto valor didáctico y punto de interés geológico. In: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Gimenez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J., y Rodríguez, A. (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 21: 217-223.
- Vicens, D. i Pons, G. X. 2018. Estat de les tasques de catalogació de la col·lecció Gabriel Fornés i a un segon lot de la col·lecció Andreu Muntaner a la SHNB. *VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 556-557.
- Vicens, D., Pons, G.X, Bover, P. i Gràcia, F. 2001. Els tàxons amb valor biogeogràfic i cronoestratigràfic: bioindicadors climàtics del Quaternari de les Illes Balears. In: Pons, G.X. I Guijarro J. A. (Eds.). *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 121-146.
- Vicens, D., Pons, G.X. i Mir, X. 2008. La col·lecció paleontològica Andreu Muntaner Darder (MNIB-SHNB). In: Pons, G.X. (Eds.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 429-436.
- 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. & Fornós, J.J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 55-84.
- Vidal, L.M. i Molina, E. 1888. Reseña física y geológica de las islas Ibiza y Formentera. *Bol. Com. Map. Geol. Espana*, Madrid, t. VII: 67-113.
- Zazo, C., Goy, J.L., Hillaire-Marcel, Cl., Bardají, T., Cabero, A., Bassam, G., Silva, P.G., González-Hernández, F.M., 2005. Stop 1.4 Son Verí Nou-Cala Blava In: Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Jiménez, J., Fornós, J., Cabero, A., Bardají, T., Mateos, R., González-Hernández, F.M., Hillaire-Marcel, C., Bassam, G., "Mallorca Island: Geomorphological Evolution and Neotectonics". In:



Desir, G., Gutiérrez, F. and Gutiérrez, M. (Eds.), Field Trip Guide Book, Sixth International Conference on Geomorphology, Zaragoza, Spain, p. 8-11.

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. i Soler, V. 2012. Retracing the Quaternary history of sea-level changes in the Spanish Mediterranean-Atlantic coasts: Geomorphological and sedimentological approach. *Geomorphology*, 196: 36-49.

# Bibliografia donada per D. Andreu Muntaner Darder a la biblioteca de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)

Martín LLOBERA

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Llobera, M. 2021. Bibliografia donada per D. Andreu Muntaner Darder a la biblioteca de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). *La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 61-69. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

En aquest article es fa un breu repàs a la donació de publicacions de D. Andreu Muntaner Darder, President Honorífic de la Societat d'Història Natural de les Balears. Entre els anys 2008 i 2011 va fer donació de 1.262 ítems, entre separades, llibres, mapes, tesis, fulletons i altres tipus de publicacions. La gran majoria tracten temes de geologia i paleontologia, sobre tot de les Illes Balears.

**Paraules clau:** biblioteca, Societat d'Història Natural de les Balears, Andreu Muntaner.

BIBLIOGRAPHY DONATED BY Mr. ANDREU MUNTANER DARDER IN THE LIBRARY OF THE NATURAL HISTORY SOCIETY OF THE BALEARICS (SHNB). A brief review is presented in this article concerning the scientific literature donated by Mr. Andreu Muntaner Darder, honorific president of the Natural History Society of the Balearics (SHNB). Between the years 2008 and 2011 he donated 1.262 items, including offprints, books, maps, thesis, booklets and other publications. Most of them concern geology and palaeontology, especially of the Balearic Islands.

**Keywords:** library, Societat d'Història Natural de les Balears, Andreu Muntaner.

Martí LLOBERA, Societat d'Història Natural de les Balears. c/Margarida Xirgú, 16 baixos. 07011 Palma de Mallorca.

## La biblioteca Andreu Muntaner Darder

Dins l'àmbit científic de les Balears existeixen biblioteques privades que contenen autèntiques joies, recollides minuciosament per part dels seus propietaris, els quals cuiden amb molt esment, com n'es el cas de D. Andreu Muntaner, president honorífic de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB), el qual entre els anys 2008 i 2011 va voler posar a disposició pública bona part de la seva biblioteca naturalística i feu la donació a la Societat d'Història Natural de les Balears de la que fou soci fundador. Aquesta part important de la seva biblioteca, principalment tracta de temes de geologia, paleontologia i història natural en general. En aquest article se fa un breu repàs i anàlisi de les principals característiques dels documents que componen aquestes donacions. La primera donació es realitzà l'any 2008 on es donaren 382 publicacions, entre separades, llibres i revistes. La segona donació fou l'any 2011 on es donaren 880 publicacions. Un total de 1262 ítems que es corresponen amb 1200 documents diferents. Aquestes publicacions han estat fitxades per

la biblioteca de la SHNB. A continuació, es fa un repàs als principals continguts d'aquesta donació.

A la Taula 1, es mostren les tipologies de publicacions donades, d'entre les quals es diferencien llibres (229), sobre tot llibres de divulgació científica de mitjans del segle passat; tesis i tesines, revistes, informes, manuscrits; fulletons, en la seva majoria, d'espais naturals protegits (ANED); mapes geològics, de cultius i aprofitaments a les Illes Balears; transcripcions, que en la seva majoria són fulls escrits a màquina amb les parts que al Sr. Muntaner l'interessaven d'articles més extensos, sovint són les parts que feien referència a Balears o algun tema interessant. Ara bé, la tipologia més abundant és la de les separates sovint originals, però també moltes fotocòpies, agrupades en set paquets que inclouen comunicacions a congressos o separates de temes comuns.

**Taula 1.** Tipologies de publicacions.

*Table 1. Publications types.*

Tipologies	Total	%	Balears	%
<b>Llibres</b>	229	18,1	84	36,7
<b>Separates + Fotocòpies</b>	752	59,6	447	59,4
<b>Transcripcions</b>	67	5,3	15	22,4
<b>Tesis i tesines</b>	10	0,8	8	80,0
<b>Revistes</b>	11	0,9	8	72,7
<b>Fulletons</b>	55	4,4	55	100,0
<b>Informes</b>	8	0,6	7	87,5
<b>Manuscrits</b>	7	0,6	5	71,4
<b>Mapes</b>	41	3,2	39	95,1
<b>Paquets separates</b>	7	0,6	6	85,7
<b>Pòsters</b>	2	0,2	2	100,0
<b>Cartes</b>	1	0,1	1	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>1190</b>	<b>94,3</b>	<b>677</b>	<b>56,9</b>

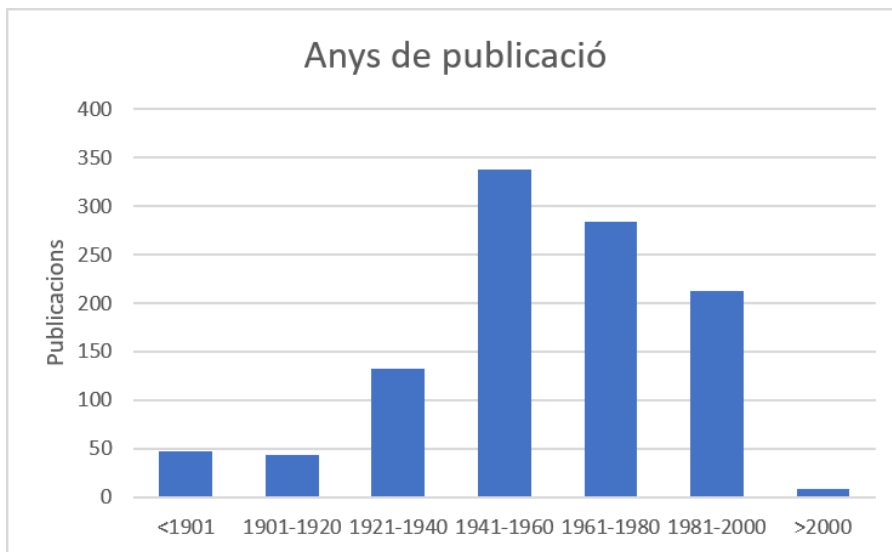
De totes aquestes publicacions s'han assenyalat aquelles que fan referència a temàtica de les Illes Balears, les quals representen el 56,9% de totes les referències; destaquen les separates, tesis i tesines, fulletons i mapes.

Respecte a la data de publicació, a la Fig. 1 es mostren els intervals de 20 en 20 anys d'aquelles referències en les que l'any queda clar. De 134 referències, no s'ha localitzat la data de publicació. Com ja s'ha assenyalat, la majoria de publicacions es concentren entre els anys 1941 i 1980. Cal destacar la presència de 47 publicacions anteriors a l'any 1901.

El repàs als primer autors de les publicacions (Taula 2) mostra la gran preferència per recopilar llibres i, sobre tot, separates dels autors de les Balears o que varen fer estudis a les Illes Balears. Entre aquests destaquen Guillem Colom i Paul Fallot. Així mateix hi ha autors clàssics del Quaternari a França i la Mediterrània (G. Denizot), o ammonítids (J. Wiedman). De Guillem Colom hi ha articles del 1926 al 1982 i de Bartomeu Darder del 1913 al 1934.

Les publicacions de Paul Fallot inclouen la seva tesi (*Étude Géologique de la Sierra de Majorque, 1922*) (Fig. 1) i nombroses publicacions associades, en referència a les seves visites a les Illes Balears com:

- *Sur la Stratigraphie de la Sierra de Majorque (Balears)*. (Fallot, 1914a).
- *Sur la Tectonique de la Sierra de Majorque (Balears)* (Fallot, 1914a).



**Fig. 1.** Gràfic dels anys de publicació de la bibliografias donada per D. Andreu Muntaner.

*Fig 1.* Chart of the years of publication of the bibliographies donated by D. Andreu Muntaner.

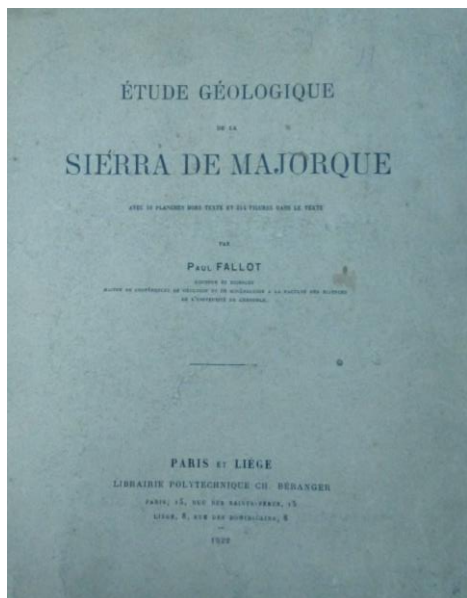
Primers autors	
Joan Bauzá	36
Robert Bourrouilh	20
Paul Bouvy	11
André Cailleux	25
Guillem Colom	80
Joan Cuerda	17
Bartomeu Darder	26
George Denizot	16
Paul Fallot	35
Guillem Mateu	13
Andreu Muntaner	11
H. Nolan	13
Antoni Obrador	14
Luis Pomar	15
Luis Solé	20
Jost Wiedmann	12

**Taula 2.** Principals autors.

*Table 2.* Main authors

- *Sur a presence de l'Aptien dans la Sierra de Majorque (Balears)* (Fallot, 1916).
- *Sur la Tectonique d'Ibiza (Balears)* (Fallot, 1917a).
- *Sur la Géologie de l'île d'Ibiza (Balears)* (Fallot, 1917b).
- *Observations sur les phenomenes de charriage du centre de la Sierra de Majorque (Îles Balears)* (Fallot, 1920a).
- *Sur l'extensions des phenomenes de charriage dans la Sierra de Majorque (Balears)* (Fallot, 1920b).
- *Observations nouvelles sur la tectonique de la Sierra de Majorqu* (Fallot, 1921a).
- *Sur l'extension verticale du faciès marneux a Cephalodes pyriteux dans l'île d'Ibiza.* Amb H. Termier (Fallot, 1921b).
- *A travers de la Sierra de Majorque i altres* (Fallot, 1923a).

- *Esquisse morphologique des Iles Baléares* (Fallot, 1923b).
- *Le problème de l'île de Minorque* (Fallot, 1923c).
- *Au sujet de la tectonique des Baléares* (Fallot, 1925).
- *Observaciones geológicas en la región central de la isla de Mallorca*. Amb B. Darder, 1925 (Fallot i Darder, 1925).



**Fig. 2.** Portada de la Tesi de Paul Fallot “Etude Géologique de la Sierra de Majorque” donada per Andreu Muntaner

**Fig. 2.** *Photography PhD of the Paul Fallot “Etude Géologique de la Sierra de Majorque”, donation of Andreu Muntaner.*



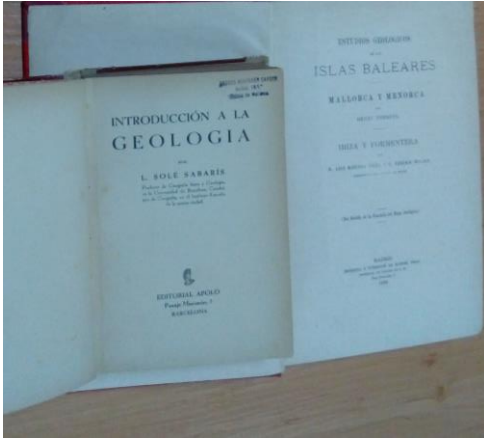
**Fig. 3.** Andreu Muntaner conversant amb Paul Fallot durant el congrés de l'INQUA de 1957 a la recepció que es va fer al Castell de Bellver (Palma).

**Fig. 3.** *Andreu Muntaner talking to Paul Fallot during the 1957 INQUA congress at the reception held at Bellver Castle (Palma).*

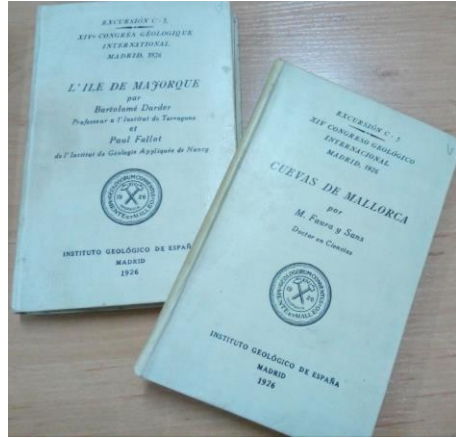
- *Au sujet de la tectonique de Baleares et de la Chaîne Iberique* (Fallot, 1926a).
- *Remarques au sujet des récents travaux de B. Darder sur la géologie de Majorque* (Fallot, 1926b).
- *Les gisements de Burdigalien à plantes de Majorque* (Fallot, 1928).
- *L'enllaç de Menorca amb les cadenes Alpines* (Fallot, 1933).

Les publicacions de P. Bouvy en relació amb les Illes Balears són les següents:

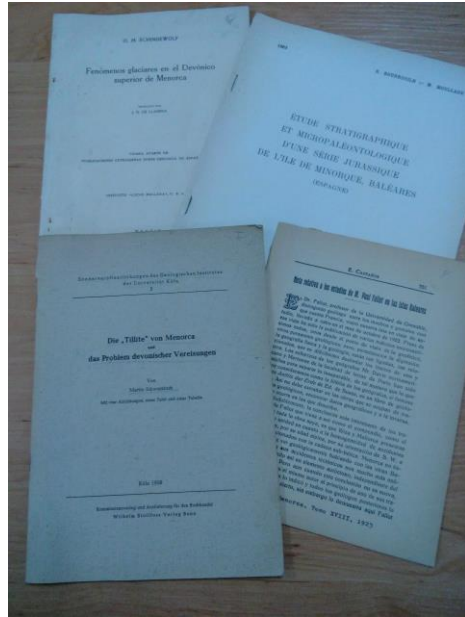
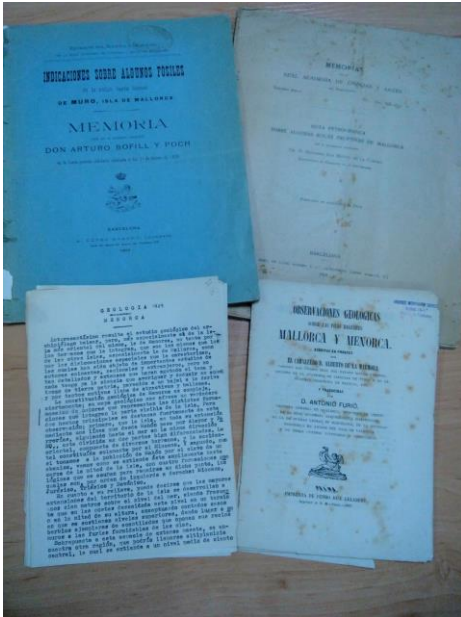
- *Notes sur les lignites de les Îles Baleares* (Bouvy, 1857).
- *Reseña geognóstica de la isla de Mallorca y descripción de la situación y explotación de la Ulla del terreno secundario de esta isla* (Bouvy, 1852).



**Fig. 4.** Imatges de les portades d'alguns dels llibres donats.  
**Fig. 4.** Pictures of the covers of some of the donation books.



**Fig. 5.** Volumes editats el 1926 amb motiu del XIV congrés geològic internacional que va tenir distintes excursions a Mallorca.  
**Fig. 5.** Volumes published in 1926 on the occasion of the XIV International Geological Congress which had several excursions to Mallorca.



**Fig. 6.** Fotografies de diverses separatas i transcripcions de la donació A. Muntaner.  
**Fig. 6.** Pictures of several papers and transcriptions of the donation A. Muntaner.



- *Coupe de la côte de Binisalem dans l'île de Majorque formée de Crétace* (Bouvy, 1845).
- *Descripción del terreno numulítico de Mallorca comparado con los análogos del litoral de la cuenca occidental del Mediterráneo*. (Bouvy, 1863).
- *Ensayo de una descripción geológica de la isla de Mallorca comparada con las islas y el litoral de la cuenca occidental del Mediterráneo* (Bouvy, 1867).

Principals temes		Balears
Ammonites	10	6
Arqueologia	22	20
Usos del sòl	26	26 mapes
Espais protegits	58	58 fulletons
Estratigrafia	181	66
Foraminífers	11	9
Geologia	123	79
Geomorfologia	40	22
Hidrogeologia	15	10
Litologia	15	14
Meteorologia	11	1
Micropaleontologia	27	14
Mineralogia	11	3
Paleontologia	242	151
Qualitat de les aigües	13	6
Sedimentologia	84	56
Tectònica	60	48
<b>TOTAL</b>	<b>949</b>	<b>589</b>

Taula 3. Temes principals.

Table 3. Main topics.

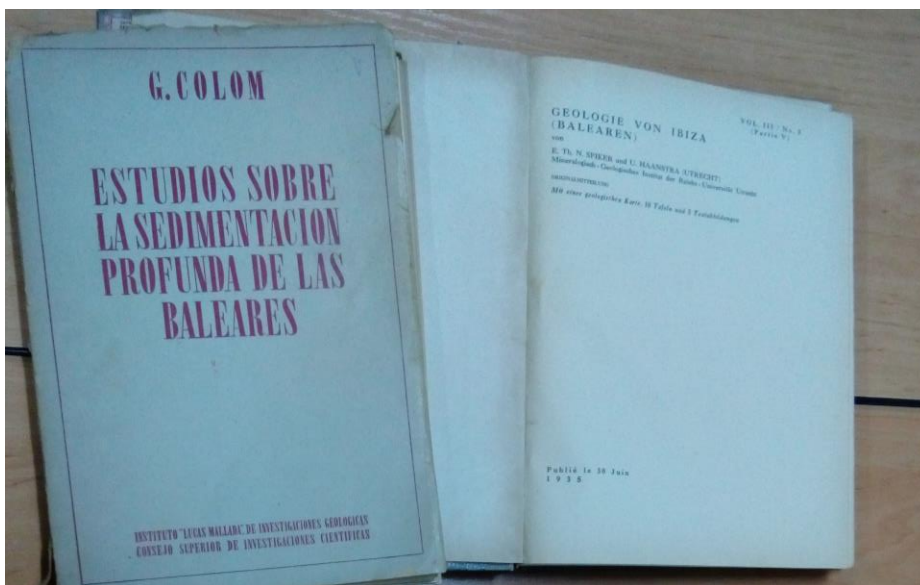
Entre els documents rebuts també es poden destacar:

- *Observaciones geológicas sobre las Islas Baleares Mallorca y Menorca*. (La Marmora, 1846).
- *Ensayo de una descripción geológica de la isla de Mallorca comparada con las islas y el litoral de la cuenca occidental* (Bouvy, 1867).
- *Exámen microscópico de varias muestras de rocas eruptivas, recogidas por D. Luis M. Vidal en la isla de Mallorca* (Adan, 1879).
- *Excursión geológica por la Isla de Mallorca* (Vidal, 1879).
- *Mapa Geológico de Mallorca* (Lozano, 1883).
- *Anotaciones físicas y geológicas de la isla de Mallorca para las aplicaciones del mapa* (Lozano, 1884).
- *Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España* (Mallada, 1892).
- *Elements de Paléontologie* (Bernard, 1895).
- *Estudio químico-biológico de las aguas de Palma de Mallorca* (Gamundí, 1915).
- *El Mioceno marino de Muro (Mallorca)* (Gómez, 1919).
- *Importància pràctica dels coneixements geològics* (Barder, 1924).

- *La Tectonique de la Region Orientale de l'Ille de Majorque* (Darder, 1925).
- *Cuevas de Mallorca* (Faura, 1926).

La Taula 3 mostra les principals temàtiques que es tracten, a l'espera d'una anàlisi més acurada.

En conjunt la donació és una aportació fonamental per completar la biblioteca de la SHNB. Amb aquesta donació la biblioteca s'incrementa amb nombroses referències de les Illes Balears, algunes d'elles molt difícils d'aconseguir.



**Fig. 7.** Dos exemples de llibres clàssics difícils de trobar: *Estudios sobre la sedimentación profunda de la Baleares* de Guillem Colom (publicat per l'Institut Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas, Madrid: CSIC / 1947) i *Geologie von Ibiza (Balearen)* d'Ewald Thomas Nicolaas Spiker i U. Haanstra (publicat a Utrecht, 1935).

**Fig. 7.** Two examples of classic books difficult to find: *Estudios sobre la sedimentación profunda de la Baleares* by Guillem Colom (published by the Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas, Madrid: CSIC / 1947) and *Geologie von Ibiza (Balearen)* of Ewald Thomas Nicolaas Spiker and U. Haanstra (published in Utrecht, 1935).

## Agraïments

Volem agrair, de tot cor, a Andreu Muntaner la seva generositat amb la Societat d'Història Natural de les Balears de la que és President Honorífic, i soci fundador. Aquest llegat és d'un gran valor per a la Biblioteca de la SHNB i serà d'un gran valor per als que vulguin conèixer o consultar bona part de la literatura científica geològica del segle XIX i la primera meitat del segle XX.

## Bibliografia

- Adan, R. 1879. *Exámen microscópico de varias muestras de rocas eruptivas, recogidas por D. Luis M. Vidal en la isla de Mallorca*. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España VI.
- Bernard, F. 1895. *Elements de Paléontologie*. Paris Librairie, J.B., Bailliere et fills.
- Bouvy, P. 1845. *Coupe de la côte de Binisalem dans l'île de Majorque formée de Crétace*. Bull. Soc. Géol. France. Ser. 2, Vol. 2.
- Bouvy, P. 1852. *Reseña geognóstica de la isla de Mallorca y descripción de la situación y explotación de la Hulla del terreno secundario de esta isla*. Rev. Miner., III, p. 174-184, 204-210.
- Bouvy, P. 1857. *Note sur les lignites de les Îles Baléares*. Bull. Soc. Géol. Fr. (2), XIV, p. 770-774.
- Bouvy, P. 1863. *Descripción del terreno numulítico de Mallorca comparado con los análogos del litoral de la cuenca occidental del Mediterráneo*. Rev. Miner., t. XIV.
- Bouvy, P. 1867. *Ensayo de una descripción geológica de la isla de Mallorca comparada con las islas y el litoral de la cuenca occidental del Mediterráneo*. Felipe Gauspy Vicens, 67, p. 1, Mapa y Costas. Palma de Mallorca.
- Darder, B. 1924. *Importància pràctica dels coneixements geològics*. Conferència donada a Sóller el 28 de desembre del 1923. Associació per la Cultura de Mallorca, 11 p. Mallorca.
- Darder, B. 1925. *La Tectonique de la Region Orientale de l'Îlle de Majorque*. Bull. Soc. Geol. France, 25: 245-278.
- De La Marmora, A. 1846. *Observaciones geológicas sobre las Islas Baleares Mallorca y Menorca*. (Furió, 1846), Palma.
- Fallot, P. 1914. *Sur la Stratigraphie de la Sierra de Majorque (Balears)*. C.R. Acad. Sci. Paris, 158-817.
- Fallot, P. 1914b. *Sur la Tectonique de la Sierra de Majorque (Balears)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 158: 645.
- Fallot, P. 1916. *Sur a presence de l'Aptien dans la Sierra de Majorque (Balears)*. C.R. Acad. Scien. Paris, T 67, 838 pp.
- Fallot, P. 1917. *Sur la Géologie de l'île d'Ibiza (Baléares)*. C. R. Acad. Scien. Paris, 164: 103-104.
- Fallot, P. 1917. *Sur la Tectonique d'Ibiza (Balears)*. C. R. Acad. Scien. Paris, 164: 186-187.
- Fallot, P. 1920. *Observations sur les phenomenes de charriage du centre de la Sierra de Majorque (Îles Baleares)*. C. R. Acad. Scien. Paris, 170: 739-848.
- Fallot, P. 1920. *Sur l'extensions des phenomenes de charriage dans la Sierra de Majorque (Îlès Baléares)*. C. R. Acad. Scien. T. 170, p. 739.
- Fallot, P. 1921. *Observations nouvelles sur la tectoñique de la Sierra de Majorque*. Trav. Cab. Geol. Univers. De Grenoble; p. 7.
- Fallot, P. 1923a. *A travers de la Sierra de Majorque*. La Géographie. Paris.
- Fallot, P. 1923b. *Esquisse morphologique des Îles Baléares*. Rev. de Géographie Alpine, vol. 9, pp 421-448, Grenoble.
- Fallot, P. 1923c. *Le problème de l'île de Minorque*. Bull. Soc. Géol. Fr. 4 me. Sér. Vol. 23, pp. 3-44.
- Fallot, P. 1925a. *Au sujet de la techtonique des Baléares*. C. Rend. Somm. Soc. Geol. France.
- Fallot, P. 1926a. *Au sujet de la la tectònique de Baleares et de la Chaîne Iberique*. C. Rend. Somm. Soc. Geol. Fr., No. 10; 105.
- Fallot, P. 1926b. *Remarques au sujet des récents travaux de B. Darder sur la géologie de Majorque*. Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat., XXVI, n: 2, p. 115-132.
- Fallot, P. 1928. *Les gisements de Burdigalien à plantes de Majorque*. Ann. Soc. Géol. Nord. LIII, Lille.
- Fallot, P. 1933. *L'enllaç de Menorca amb les cadenes Alpines*. Butll. Inst. Catalana Hist. Nat., Barcelona; Vol. 33.
- Fallot, P. i Darder, B. 1925b. *Observaciones geológicas en la región central de la isla de Mallorca*. Bol. R. Soc. Hist. Nat., 25: 488-498.

- Fallot, P. i Termier, H. 1921. *Sur l'extension verticale du faûcies marneux a Cephalopodes pyriteux dans l'île d'Ibiza*. C. R. Acad. Scien. Paris; vol. CLXXIII, p. 91.
- Faura, M. 1926. *Cuevas de Mallorca*. Excursión C-5- XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid. Instituto Geológico de España(ed.) 78 pp.
- Gamundí, J. 1915. *Estudio químico-biológico de las aguas de Palma de Mallorca*. P. 101, J. Tous (ed) in 8, pp. VIII- 1168.
- Gómez-Llueca, F. 1919. *El Mioceno marino de Muro (Mallorca)*. Trabajos del Museo Nacional de ciencias naturales, serie Geológica, núm. 25, Madrid, 115 pp.
- Lozano, R. 1883. *Mapa Geológico de Mallorca*. Dedicado a la Excma. Diputación de Baleares. Palma.
- Lozano, R. 1884. *Anotaciones físicas y geológicas de la isla de Mallorca para las aplicaciones del mapa*. Bol. Com. Map. Geol. De España, 1899, seconde série, t. VI, p. 233-234.
- Mallada, L. 1892. *Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España*. Boletín de la Comision del Mapa geológico. Madrid, imprenta y Fundición de Manuel Tello.
- Vidal, L.M. 1879. *Excursión geológica por la Isla de Mallorca*. Bol. Com. Mapa Geol. De España, Tomo VI, Madrid.



# La col·lecció naturalística d'Andreu Muntaner Darder dipositada a la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)

Damià VICENS, Guillem X. PONS i Laura DEL VALLE

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES  
BALEARIS

Vicens, D., Pons, G.X. i del Valle, L. 2021. La col·lecció naturalística d'Andreu Muntaner Darder dipositada a la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 71-81. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La col·lecció Andreu Muntaner és una col·lecció històrica important. A la base de dades de la col·lecció hi ha 1.175 entrades de registres paleontològics, que es corresponen amb 4.736 espècimens, procedents d'un centenar de localitats. Del Quaternari hi ha 3.218 espècimens, del Terciari 1.091, del Secundari 70 i sense especificar la cronologia 372. La majoria de localitats són de Mallorca, exceptuant 2 d'Eivissa, 2 de Menorca i 1 de Cabrera. Hores d'ara s'està treballant amb els ammonits piritosos, i s'estima que hi ha un 160 espècimens per a introduir a la base de dades, així com uns 600 espècimens del Miocè i Pliocè que encara s'han de catalogar.

**Paraules clau:** Col·lecció naturalística, fòssils, Mallorca, Andreu Muntaner.

THE NATURALISTIC COLLECTION OF ANDREU MUNTANER DARDER AT THE NATURAL HISTORY SOCIETY OF THE BALEARICS (SHNB). The Andreu Muntaner collection is an important historical collection. There are 1.175 paleontological records entries in the collection's database, corresponding to 4.736 specimens, from a hundred localities. There are 3.218 specimens from the Quaternary, 1.091 from the Tertiary, 70 from the Secondary and 372 without specifying the chronology. Most localities are from Mallorca, except for 2 from Ibiza, 2 from Menorca and 1 from Cabrera. Work is currently underway on pyritic ammonites, and it is estimated that there are 160 specimens to enter into the database, as well as some 600 Miocene and Pliocene specimens that have yet to be cataloged.

**Keywords:** Naturalistic collection, fossils, Mallorca, Andreu Muntaner.

*Damià VICENS i Guillem X. PONS, Universitat de les Illes Balears, carrer. Valldemossa s/n, departament de Geografia, i Societat d'Història Natural de les Balears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. 07011 Palma. Email: [dvicens7@hotmail.com](mailto:dvicens7@hotmail.com) i [guillemx.pons@uib.es](mailto:guillemx.pons@uib.es) ; Laura DEL VALLE, Grup de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears, Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears). [lauradelvalle.geo@gmail.es](mailto:lauradelvalle.geo@gmail.es) i Faculty of Environmental Sciences and Engineering, Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania; Societat d'Història Natural de les Balears.*

## Introducció

A partir de la dècada dels 40 del segle passat, Andreu Muntaner va començar a recollir fòssils i formar una col·lecció. Paral·lelament va promocionar la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) i va ser soci fundador d'aquesta primera etapa el 1948, i després en la seva refundació el 1954 (Vicens i Pons, 2021a).

La SHNB té com a objectius principals promoure el coneixement de la naturalesa des de diferents perspectives, participar en els moviments conservacionistes de les Illes Balears i promoure la creació del Museu de la Naturalesa de les Illes Balears (<http://www.shnb.org>; Pons i Vicens 2004; Pons i Vicens 2006). Sota aquesta denominació, Museu de la Naturalesa de les Illes Balears, el conjunt de col·leccions científiques van ser declarades BIC (Bé d'Interès Cultural) pel Consell de Mallorca (BOCAIB núm. 55, d'1 de maig de 1999) qui compta amb les competències sobre el patrimoni dels museus de Mallorca.

Des del seu inici, la SHNB va comptar amb col·leccions procedents de diferents socis, però l'espai de que disposava era limitat. Un fet important per a la recepció de col·leccions va ser la compra el 2004 d'un local propi a son Cotoner (Palma), major del què disposàvem a l'Estudi General Lul·lià situat al centre històric de Palma. En aquest nou local, disposem d'uns armaris compactes amb rails on hi ha una zona per a col·leccions naturalístiques i una altra per a llibres i revistes.

## Les col·leccions de la Societat

La SHNB té una àmplia varietat d'espècimens naturalístics i de col·leccions, entre elles l'herbari personal de Llorenç Garcias Font, vertebrats taxidermizats (aus, peixos, etc), papallones (Col. Luis Núñez), formigues (Col. Pascual Comín), aranyes (Col. Guillem X. Pons), mol·luscs i fòssils (Col. Joan Pons), rèpliques de vertebrats endèmics fòssils de les Balears com *Myotragus balearicus*, materials mastozoològics procedents d'una excavació paleontològica, una arenoteca realitzada a partir d'arenes de platja de Menorca, etc.

La gran majoria dels espècimens procedeixen de les Illes Balears, però també hi ha exemplars procedents de la península Ibèrica, les Illes Canàries i de diverses parts de món.

La SHNB posseeix diferents col·leccions naturalístiques procedents majoritàriament de donacions per part de naturalistes locals. Les col·leccions custodiades per la SHNB mantenen el nom del naturalista que dedicà tantes hores a tan àrdua tasca. En l'actualitat cada col·lecció naturalística es troba en caixes de cartró enumerades. Cada espècimen o conjunt d'espècimens es troben etiquetats i dins de bosses de plàstic hermètiques; a l'una s'ha anat efectuant una base de dades.

Les col·leccions que contenen restes fòssils catalogades són la col. La Salle, la col. Joan Cuerda, la col. Josep Rosselló, la col. dels Pares Teatins, la col. Francesc Gràcia-Damià Vicens. Parcialment catalogades, com la col. Joan Pons, la col. Damià Vicens, la col. Gabriel Fornés, la col. Ramón Galiana i la col. Andreu Muntaner.

Les col·leccions que tenen material paleontològic són la col. Joan Cuerda, col. Gabriel Fornés, col. Ramon Galiana, col. Francesc Gràcia-Damià Vicens, col. Andreu Muntaner, col. Joan Pons, col. Josep Rosselló, col. La Salle-Palma, col. Bernat Morey i col. Damià Vicens.

Les col·leccions que tenen material naturalístic d'espècimens actuals són la col. Ramon Galiana, la col. Joan Pons, col. La Salle i col. Damià Vicens.

A part hi ha algunes petites donacions com podrien ser la de fòssils del Quaternari de Formentera per Zenó Gàsser, la de fòssils de Mallorca per Bernat Morey, etc.

En relació a les col·leccions o espècimens s'han presentat escrits en diverses Jornades, articles i han estat utilitzades per a l'elaboració de tesis doctorals. Es pot trobar una



informació més detallada sobre les col·leccions a Morey (2020), Vicens (2015), Pons i Vicens (2017) i Vicens *et al.* (2021).

## **La col·lecció Andreu Muntaner i Darder**

Part d'aquesta col·lecció estava ja dipositada a la seu de la SHNB i la major part es va fer donació l'any 2007 a la Societat. La col·lecció està catalogada parcialment, ja que als inicis del 2008 Andreu Muntaner va dur més fòssils els quals no se troben tots incorporats a la base de dades de la Societat.

La primera tasca de catalogació i creació d'una base de dades, es va fer el 2007, realitzant un informe per al Consell de Mallorca (Vicens *et al.*, 2007). Els resultats també es donaren a conèixer a les V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (Vicens *et al.*, 2008) organitzades per la Societat d'Història Natural de les Balears. En total s'efectuaren 1120 entrades de registres paleontològics, que es corresponen amb 4116 espècimens, distribuïts en 154 localitats. Del Quaternari hi ha 3218 espècimens, del Terciari 471, del Secundari 70 i sense especificar la cronologia 372. La majoria de localitats són de Mallorca, exceptuant 2 d'Eivissa, 1 de Menorca i 1 de Cabrera (Vicens *et al.*, 2008).



**Fig. 1.** Fira de la Ciència 2008. La SHNB va compartir espai amb l'Institut Menorquí d'Estudis, a la terminal A de l'Aeroport de Palma, del dia 17 fins el 19 d'abril de 2008. A les vitrines hi havia fòssils de la col. Andreu Muntaner. A l'esquerra en Guillem X. Pons i a la dreta en Josep Quintana.

**Fig. 1.** Science Fair 2008. The SHNB shared space with the Institut Menorquí d'Estudis, in terminal A of Palma Airport, from the 17th to the 19th of April 2008. In the shop windows there are there were fossils of cabbage. Andreu Muntaner. Guillem X. Pons on the left and Josep Quintana on the right.



**Fig. 2.** Pòster presentat al 13th European Elasmobranch Association Conference on hi havia fotos de fòssils de la col·lecció Andreu Muntaner. Novembre de 2009 al Parc Bit (Palma) (Vicens *et al.*, 2009).

*Fig. 2. Poster presented at the 13th European Elasmobranch Association Conference where there were photos of fossils from the Andreu Muntaner collection. November 2009 at Parc Bit (Palma) (Vicens et al., 2009).*

Després de la primera donació i catalogació, n'Andreu Muntaner va continuar aportant fòssils del Secundari i Terciari de Mallorca. Hores d'ara hi ha una part d'aquests fòssils que estan catalogats. El 2008 es varen catalogar les restes ictiològics de la col·lecció, que consten de 619 peces procedents de 10 localitats del Miocè (9 de Mallorca i 1 de Menorca) amb 12 tàxons i una localitat del Pliocè de Mallorca amb 3 tàxons (Vicens i Pons 2018).

Encara queda pendent catalogar fòssils del Secundari i del Terciari, que faran augmentar els 1175 registres d'entrada amb 4736 espècimens catalogats de la col·lecció. S'ha fet un recompte de les localitats de la col·lecció catalogada fins ara i s'ha de dir que en realitat són un centenar i poc de localitats, i no 154 com es va comentar inicialment a Vicens *et al.* (2008).

Alguns fòssils de la col·lecció varen ser exposats a la Exposició de Ciències Naturals a la Caixa de Pensions de Palma, inaugurada l'abril de 1954 i un any i poc després en la II Exposició de Ciències Naturals a Sóller. També, va participar en l'exposició del Quaternari illenc al V Congrés de l'INQUA a Palma, el setembre de 1957, juntament amb Joan Cuerda. A la Fira de la Ciència del 2008, hi va haver una representació de la seva col·lecció (Fig. 1) i al 13th European Elasmobranch Association Conference en una comunicació en

format pòster es varen poder observar algunes fotografies de dents de taurons fòssils estudiades de la col·lecció A. Muntaner (Vicens et al., 2009) (Fig. 2).

En definitiva, és una col·lecció històrica molt important, i documenta els jaciments estudiats per Muntaner al llarg de la seva trajectòria científica (Vicens i Pons, 2021b).



**Fig. 3.** Ammonits piritosos procedents de jaciments del Cretaci dels voltants de Palma, a les calaixeres originals (Col. A. Muntaner).

**Fig. 3.** Pyritic ammonites from Cretaceous sites around Palma, in the original drawers (Col. A. Muntaner).

### **Els fòssils del Secundari**

Els fòssils del Secundari que més hi ha a la col·lecció són ammonits piritosos del Cretaci procedents dels voltants de Palma (Fig. 3). Hores d'ara s'està procedint a la catalogació i fotografia de tots els exemplars. Com a primera estimació es pot dir que hi ha uns 160 espècimens, i una part presenta evidències de degradació, des de lleugerament fins a molt greu. De fet, la problemàtica i complexitat de la conservació d'aquests fòssils és coneguda des de fa dècades i encara ara es fan estudis al respecte (Baeza i Menéndez, 2005). Per tant, conèixer l'estat de conservació i/o l'estat de degradació en el que es troben els exemplars piritosos en les col·leccions és de vital importància per a proposar actuacions preventives eficaces i evitar la pèrdua patrimonial de la destrucció d'aquests exemplars (Sáez-Máñez et al., 2020).

Els ammonits piritosos d'Andreu Muntaner i els seus coneixements, varen ser útils al paleontòleg Jost Wiedmann, que li va dedicar dos ammonits *Eograudiceras muntaneri* de l'Albià de son Suredeta i *Jauberticeras muntaneri* l'Albià de son Vida (ambdós de Palma) (Wiedmann, 1962) i un quants d'anys més tard va fer un segon treball, també d'ammonits (Wiedmann, 1967).

A part dels ammonits piritosos també hi ha algun ammonit calcari i eriçons de diferents jaciments de Mallorca, encara que sigui de forma més bé testimonial.



**Fig. 4.** Dents fòssils d'elasmobranquis del Miocè de Mallorca (Col. A. Muntaner).

**Fig. 4.** Fossil teeth of elasmobranchs of the Miocene of Mallorca (Col. A. Muntaner).

### *Els fòssils del Terciari*

Els fòssils de mol·luscs de jaciments clàssics són majoritaris, com són de Portals Vells, Llubí, Muro, Porto Pi, Castell de Bellver, etc. També hi ha equinoderms de Calvià, Llubí, Lluçmajor, etc., i nummulits de diferents jaciments mallorquins i un de Cabrera.

Referent a antigues mines mallorquines, hi ha dos fragments de tortuga procedents de les mines de carbó de Lloseta i restes vegetals de les mines de Santa Maria.



Una part important dels fòssils d'aquest període són les restes ictiològiques (Fig. 4), així hi ha catalogats, com s'ha dit abans, 619 peces procedents de 10 localitats del Miocè (9 de Mallorca i 1 de Menorca) amb 12 tàxons i una localitat del Pliocè de Mallorca amb 3 tàxons (Vicens i Pons, 2018). Com s'ha dit abans, alguns dels fòssils s'utilitzaren per a l'exposició d'una comunicació en format pòster a un Congrés internacional sobre elasmobranquis (Vicens et al., 2009). (Fig. 2).

Queda per a catalogar fòssils majoritàriament del Pliocè (Fig. 5), si bé n'hi ha algun del Miocè. S'estima que hi ha uns 600 espècimens, encara que en una altra publicació s'havia fet una sobreestimació de que podien ser 2.000 espècimens (Vicens et al., 2021).



**Fig. 5.** Fòssils del Pliocè de Mallorca a les calaixeres originals (Col. A. Muntaner).

**Fig. 5.** Pliocene fossils of Mallorca in the original drawers (Col. A. Muntaner).

### ***Els fòssils del Quaternari***

Sense cap tipus de dubte aquests és el període més representat a la col·lecció, ja que n'Andreu Muntaner li va dedicar molt del seu temps. Hi ha fòssils de jaciments clàssics del Pleistocè superior de la badia de Palma com són: Magalluf, punta Nadala, es Portitxol, es Portitxolet, es Rotlet, "las Rocas", cala Gamba, cala Pudent, es Carnatge, son Mosson, can Vanrell, etc., alguns dels quals ja no es poden visitar per les construccions o infraestructures existents, com són els de Magalluf, punta Nadala, es Portitxol, cala Gamba, etc. També hi ha fòssils d'altres indrets, de la zona d'Alcúdia (Fig. 6), Artà, Capdepera, Felanitx, Lluçmajor, Andratx, etc.

Molts d'aquests fòssils varen servir per a publicacions d'en Muntaner al Bolletí núm. 1 de la Societat d'Història Natural de les Balears, així publicà un treball del litoral entre Paguera i Camp de Mar (Muntaner, 1955a) i un altre de noves localitzacions de jaciments (Muntaner, 1955b). Així com per un treball molt important publicat 2 anys després sobre l'estratigrafia del Quaternari de la badia de Palma (Muntaner, 1957).

Del Pleistocè inferior hi ha pocs representants, entre ells algun espècimen continental procedent del litoral de Calvià.



**Fig. 5.** Fòssils del Pliocè de Mallorca a les calaixeres originals (Col. A. Muntaner).

**Fig. 5.** Pliocene fossils of Mallorca in the original drawers (Col. A. Muntaner).

La majoria dels fòssils procedents de jaciments del litoral són mol·luscs marins, ara bé, també hi ha una representació de mol·luscs terrestres, uns 230 espècimens segons Vicens *et al.* (2021). Els jaciments litorals han sofert una important pressió urbanística-turística i molts d'ells estan deteriorats o desapareguts, per tant aquest material es converteix en testimoni de la presència d'aquests jaciments, d'un valor patrimonial incalculable.

Els fòssils de mamífers estan representats a la col·lecció, així hi ha ossos de *Myotragus balearicus* procedents de les coves d'Artà, es Bufador de son Berenguer (Fig. 7) –amb uns cranis excepcionals amb dues tipologies de banyes, i un altre concrecionat- i son Jaumell. Aquest darrer publicat al Bolletí de la Societat d'Història Natural núm. 2 per Muntaner i Cuerda (1956). *Hypnomys morpheus* procedents de la cova de son Bauzà, i uns presumibles copròlits procedents de la cova de s'Arenal, jaciment estudiat per Cuerda i Sacarès (1959). Els ossos articulats de *M. balearicus* procedents de dues peces de marès de son Jaumell es troben separats de la matriu dins 2 capsos.



## Agraïments

Les col·leccions científiques no estan per esser guardades ens uns armaris. Els que crearen aquestes col·leccions ja feren alguns treballs en el seu temps, i ara és responsabilitat nostra donar-les a conèixer i continuar treballant amb elles. Fruit d'això han estat distintes tesis doctorals ja defensades i múltiples treballs realitzats per socis de la Societat i altres científics. Una bona catalogació, una bona base de dades i una bona conservació de material científic, també és un fet essencial per a facilitar la consulta de les mateixes als investigadors. Aquest és el propòsit de la Societat d'Història Natural de les Balears, i gràcies a socis com Andreu Muntaner estam aconseguint conservar aquest valuós patrimoni científic. El nostre més sincer agraïment a Andreu Muntaner per la seva generositat vers la Societat d'Història Natural de les Balears.

Aquest treball és una contribució del projecte: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.



**Fig. 7.** Cranis de *Myotragus balearicus* procedents del Bufador de son Berenguer (Santa Maria) en l'exposició d'una vitrina a la SHNB (Col. A. Muntaner).

*Fig. 7.* Skulls of *Myotragus balearicus* from the Bufador de son Berenguer (Santa Maria) in the exhibition of a showcase at the SHNB (Col. A. Muntaner).

## Bibliografia

- Baeza, E. i Menéndez, S. 2005. Conservación y restauración de ammonites piritizados del Museo Geominero (IGME, Madrid). Investigación en conservación y restauración. II Congreso del Grupo Español del IIC, p.47.
- Cuerda, J. i Sacarès, J. 1959. Hallazgo de *Myotragus balearicus* en un yacimiento de edad postyrrenhiense. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 6: 37-46.
- Morey, B. 2020. *El patrimoni paleontològic de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. propostes de gestió i conservació*. Tesi doctoral. UIB. 1080 pp.
- Muntaner, A. 1955a. Playas fósiles y dunas fósiles del litoral de Paguera a Camp de Mar (Isla de Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1: 49-57.
- Muntaner, A. 1955b. Nota preliminar sobre nuevas localidades de Cuaternario en la isla de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1: 84-86.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 77-126.
- Muntaner, A. i Cuerda, J. 1956. Hallazgo de un esqueleto de *Myotragus balearicus* en una duna cuaternaria de Capdepera. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 114-115.
- Pons, G. X. i Vicens, D. 2004. La Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004): cinquanta anys de passió per la natura. IV Jornades del Medi Ambient de les Balears. SHNB, 247-249.
- Pons, G. X. i Vicens, D. 2006. Cinquanta anys d'estudi i divulgació de la natura de la Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004). Actes de la VIII trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica. (Barcelona, SCHCT) 379-389.
- Pons, G.X. i Vicens, D. 2017. La conservación de colecciones científicas: las colecciones de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). In: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. y Rodríguez, A. (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiòtica del patrimonio natural. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. Cuadernos del Museo Geominero, 21: 211-216.
- Sáez-Máñez, T., Doménech-Carbó, A., García-Forner, A. i Martínez-Pérez, C. 2020. Caracterización electroquímica del proceso de degradación de materiales piritosos en colecciones geológicas y paleontológicas: propuestas de tratamiento y conservación. [Electrochemical characterization of the pyrite material degradation process in geological and palaeontological collections: curatorial and treatment approaches]. *Spanish Journal of Palaeontology*, 35 (1): 77-88.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesi Doctoral. UIB. 985 pp.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2018. Estat de les tasques de catalogació a la col·lecció Gabriel Fornés i a un segon lot de la col·lecció Andreu Muntaner a la SHNB. VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. Soc. Hist. Nat. Balears. 556-557.
- Vicens, D. i Pons, G. X. 2021a. Apunts biogràfics d'Andreu Muntaner i Darder (1926--), cofundador de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33: 11-36.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2021b. Les aportacions científiques d'Andreu Muntaner Darder al Quaternari de les Illes Balears. In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 33: 37-60.
- Vicens, D., Mir, X. i Pons, G.X. 2007. Catàleg de la col·lecció Andreu Muntaner Darder Museu de la Naturalesa de les Illes Balears (MNIB)-Societat d'Història Natural de les Balears. Informe per a Patrimoni del Consell Insular de Mallorca. 21 pp. Inèdit.
- Vicens, D., Pons, G.X. i Mir, X. 2008. La col·lecció paleontològica Andreu Muntaner Darder (MNIB-SHNB). In: Pons, G.X. (Eds.). V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. Soc. Hist. Nat. Balears. 429-436.

- Vicens, D., Pons, G.X., Quintana, J. i Escalante, F. 2009. Fossil elasmobranches of the Balearic islands on scientific collections of Menorca and Mallorca. *In: Morey, G., Yuste, L. and Pons, G.X. (edit). Book of abstracts of the 13th European Elasmobranch Association. Soc. Hist. Nat. Balears. 12-13. Palma de Mallorca.*
- Vicens, D., Pons, G.X. i del Valle, L. 2021. Moluscos continentales previos a la colonización humana presentes en las colecciones de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). *In: Vicens, M.À. y Pons, G.X. (Eds.). Avances en Arqueomalacología. Nuevos conocimientos sobre las sociedades pasadas y su entorno natural gracias a los moluscos. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 32: 169-196.*
- Wiedmann, J. 1962. Ammonites du Crétacé inférieur de Majorque (Baléares). 1er partie: Lytoceratina et Aptychi. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares, 8: 3- 54 i 10 planxes.*
- Wiedmann, J. 1967. Ammonites du Crétacé inférieur de Majorque (Baléares). 2e. Partie: Phylloceratina. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares, 13: 3-61.*



# Col·laboracions d'estudis geològics entre Andreu Muntaner i Gori Jaume des de l'any 1973 fins a l'any 2004

Gori JAUME NADAL (†)

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Jaume Nadal, G. 2021. Col·laboracions d'estudis geològics entre Andreu Muntaner i Gori Jaume des de l'any 1973 fins a l'any 2004. *In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 83-91. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

En aquest article es fa un breu repàs a la col·laboració dels estudis geològics entre Andreu Muntaner i Gori Jaume des de l'any 1973 fins a l'any 2004. També es donen compte de diverses publicacions poc conegudes d'Andreu Muntaner de la història de l'electricitat a Balears, i un relat curiós de la presència d'un pretès aeròlit a les platges d'Alcúdia. Es recullen alguns treballs i anèctodes relacionades amb hidrogeologia i hidrologia, així com col·laboracions i publicacions destacables de geologia.

**Paraules clau:** estudis geològics, Gori Jaume, Andreu Muntaner, Illes Balears.

COLLABORATIONS OF GEOLOGICAL STUDIES BETWEEN ANDREU MUNTANER AND GORI JAUME FROM 1973 TO 2004. This article gives a brief overview of the collaboration of geological studies between Andreu Muntaner and Gori Jaume from 1973 to 2004. Several little-known publications by Andreu Muntaner of the history of electricity in the Balearic Islands, and a curious story of the presence of an alleged aerolite on the beaches of Alcúdia. Some works and anecdotes related to hydrogeology and hydrology are collected, as well as outstanding collaborations and publications on geology.

**Keywords:** geological studies, Gori Jaume, Andreu Muntaner, Balearic Islands.

*Gori JAUME NADAL, Enginyer Tècnic Industrial i Geòleg, Professor de Geologia des de 1974 de l'Escola Universitària Alberta Giménez, adscrita a la Universitat de les Illes Balears (UIB), Director de INGENIERÍA DE SONDEOS, S.A. email: [gorijaume@gmail.com](mailto:gorijaume@gmail.com)*

## Introducció

El present escrit dedicat a l'homenatge a Andreu Muntaner Darder (Fig. 1), com a geòleg, reuneix únicament la mútua col·laboració tècnica entre el seu profund coneixement de la geologia i de la hidrogeologia de les Illes, i la meua, enfocada especialment cap a l'enginyeria geològica.

N'Andreu va tenir, entre d'altres, un important professor de geologia de Mallorca, el seu oncle Bartomeu Darder Pericàs, autor de moltes publicacions sobre geologia i hidrogeologia. Va tractar el Triàsic mallorquí, l'estratigrafia i la tectònica de les Serres de Llevant, fent un mapa geològic a escala E:1:50.000, i d'alguns trams de les zones centrals de Mallorca. La seva tesi doctoral va ésser "Estudio geológico del sur de la provincia de Valencia y del norte de Alicante". També publicà (publicació pòstuma) "Guía de la

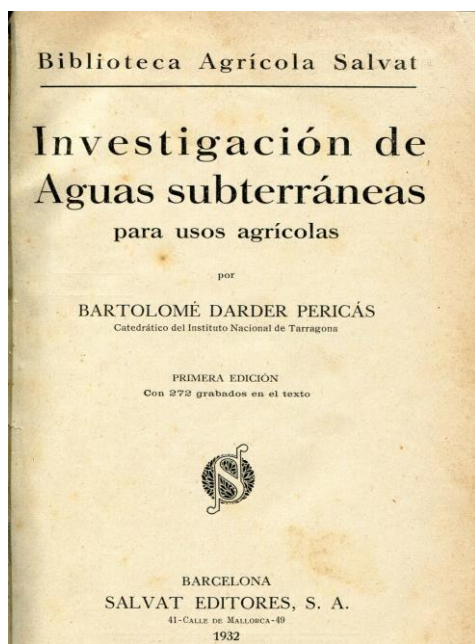
(†) Estant aquest volum en fase de maquetació, Gori Jaume va morir el 17 d'abril de 2020. El nostre més sentit condol a la família i record d'una persona que va viure la geologia de les Balears de forma molt intensa.

Geología de Mallorca” a la qual va col·laborar el professor Fallot, pel XIV Congrés de geologia de 1925. I, a més, va publicar una obra divulgadora de la hidrogeologia (Fig. 2).



**Fig. 1.** Foto de portada d'un reportatge emès per IB3 TV sobre Andreu Muntaner Darder.

*Fig. 1. Cover photo of a report broadcast by IB3 TV about Andreu Muntaner Darder.*



**Fig. 2.** Obra de divulgació del seu oncle Bartomeu Darder Pericàs sobre aigües subterrànies

*Fig. 2. Work of his uncle Bartomeu Darder Pericàs on groundwater.*

N'Andreu Muntaner va ser durant molts d'anys el geòleg de GESA. La seva missió, com a geòleg, era la de supervisar treballs de cimentació a excavacions per a obres d'enginyeria civil.

A més, era el bibliotecari de Gesa. Quan varen passar les oficines des Born de Ciutat a l'edifici nou des Molinar (Portitxol), inaugurat com a "Edifici GESA" a 1978, la biblioteca estava situada (me sembla recordar) a la cinquena planta amb finestres cap a la mar i cap a la Seu. Aquest edifici singular, va ser construït per l'arquitecte Ferragut (Fig. 3). Actualment està poc o gens aprofitat.

N'Andreu, aficionat als llibres, té a ca seva una col·lecció molt important de manuscrits, de notes, de separates i de publicacions de temes de geologia i de hidrogeologia de les Balears, sobre tot de Mallorca.

A més d'això, té un voluminós arxiu de fotografies, de pel·lícules i de postals, totes elles antigues. Ha fet multitud de publicacions d'aquests temes. També col·lecciona fòssils



de diferents tipus i un important conjunt d'aparells fotogràfics i de projectors històrics. Així mateix, ha publicat nombrosos articles de geologia i de paleontologia de les Balears a la revista de la SHNB i a altres revistes especialitzades.



**Fig. 3.** Edifici GESA, inaugurat el 1978, obra de l'arquitecte José Ferragut Pou (1912-1968).

**Fig. 3.** *GESA Building, inaugurated in 1978, designed by the architect José Ferragut Pou (1912-1968).*

Durant les moltes sortides al camp que vàrem fer n'Andreu i jo, ell me va resoldre molts dels dubtes que jo tenia de la complexa geologia de Mallorca.

El present escrit conté el següent:

-Vàries obres poc conegudes, publicades per GESA i escrites per Andreu Muntaner, que tracten sobre la història de l'electricitat a les Balears. I també una publicació al Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears sobre el cas d'un pretès aeròlit existent a les platges d'Alcúdia, del qual els diaris en feren molt de ressò.

-Alguns treballs anecdòtics en col·laboracions que tracten d'hidrogeologia.

-Es descriuen breument alguns treballs en col·laboració i algunes publicacions que mostren el desenvolupament de la construcció a les costes de les Illes des dels anys 70 fins els anys 90. Es comença amb el "Plan Indicativo de usos del dominio público del litoral (Balears)", i segueix amb noves urbanitzacions, amb noves centrals elèctriques i amb algunes col·laboracions de geologia, d'hidrogeologia i d'enginyeria geològica, que finalitzen amb l'aeroport de Palma.

### **Vàries publicacions poc conegudes d'Andreu Muntaner de la història de l'electricitat a Balears, i un relat curiós de la presència d'un pretès aeròlit a les platges d'Alcúdia**

Publicacions:

- a. "La electrificación en Mallorca. GESA". Junio de 1986
- Tomo I – Hasta 1927

- Tomo II – Desde 1927

El tom I presenta unes fotos de les quals se n'exposen dues: la primera, de 1902 (Fig. 4) mostra l'inici de l'excavació de la cimentació de l'edifici de la Central de Can Pere Antoni (Portitxol) a prop de la Costa del Gas, a les Avingudes de Palma. A l'esquerra, el cotxe de l'arquitecte Bennazar, autor del projecte i director de les obres.



**Fig. 4.** En el centre de la foto, amb capell blanc, la figura de l'arquitecte Gaspar Bennazar (1869-1933), autor del projecte i director de l'obra.

*Fig. 4. In the center of the photo, with a white hat, the architect Gaspar Bennazar (1869-1933), author of the project and director of the work.*



**Fig. 5.** Imatge amb quatre molins fariners i un altre d'extracció d'aigua, muntat sobre un castellet, avui desapareguts, la màquina de la dreta clavant pilons mitjançant tracció animal.

*Fig. 5. Image with four flour mills and another for water extraction, mounted on a structure stone, now gone, the machine on the ramming piles by animal traction.*

La Fig. 5, també de l'any 1902, mostra una màquina de clavar pilots de fusta per percussió. L'energia de clavament és animal, com es pot veure a la part inferior de la foto. El subsòl és arenós, i el nivell freàtic és alt, per la qual cosa hi ha una bomba d'extracció d'aigua, que no se mostra a la foto, moguda per l'energia eòlica que proporciona el molí petit de la part central de la fotografia. Aquesta baixada de nivell freàtic es feia per tongades longitudinals a les excavacions de les cimentacions, amb la finalitat de facilitar la excavació i, a més, facilitar la col·locació de les cimentacions superficials.

b) "Cent anys d'electricitat i gas a Menorca. 1892-1992. GESA. 1992"

c) Publicació curiosa de la pretesa caiguda d'un aeròlit a la platja d'Alcúdia de la qual fa una minuciosa interpretació (Muntaner, 1959). Un cop Muntaner (1959) visità el lloc assenyalat, aviat va poder comprovar que apareixia una petita, àrea sembrada de pedretes d'aspecte terrós, semicobertes per les arenes, i en la seva part alta un forat. Examinades les roques aviat va arribar a la conclusió que es tractava simplement d'oligist o hematites vermells, molt ben conservats, amb fragments que presentaven bells vidres laminars, i en menor abundància limonita o hematites marrons. Pel que fa al con, no era ni més ni menys que una vulgar calicata practicada, possiblement, per algú que havent-li cridat l'atenció la presència del mineral en forma tan estranya, va tractar d'esbrinar la seva possible potència. La seva presència a aquests, paratges ens la va explicar com procedent del llast abandonat per embarcacions, a l'igual que esdevé en algunes cales de l'illa; o també, donada la seva gran quantitat -, que va xifrar en unes tres tones - com a procedent del carregament d'algun vaixell naufragat en aquelles costes en època molt remota.

## **Alguns treballs d'hidrogeologia i d'hidrologia**

### ***Fontinyol a sa finca den Miquelet de s'Estaca (1978)***

Aquest mal nom el va inventar en Xesc Forteza per en Michael Douglas, l'actor de cine. Un dia me va telefonar el seu advocat i me va dir que el seu client tenia un fontinyol a la seva finca de s'Estaca, que era l'únic subministrament d'aigua natural, i que de sobte s'havia esvaït. Me vaig posar en contacte amb n'Andreu per anar a veure-ho. Hi vàrem anar amb l'esposa den Miquelet que llavors era Diandra Douglas, i que en aquells moments estava en tràmits de divorciar-se'n.

Vàrem arribar a s'Estaca i ens va mostrar un safareig buit perquè el fontinyol que abans l'omplia havia deixat de brollar.

N'Andreu va pegar una ullada pels voltants, va treure uns prismàtics i se va posar a observar es coster de sa muntanya que mira a la mar. Al cap d'una bona estona va exclamar "ja tenim es lladre". I me va passar els prismàtics indicant-me un punt de la muntanya. Hi havia una màquina de sondejos de Sa Pobla perforant un pou. L'endemà ho comunicarem a l'advocat. Ell va fer les seves passes i ens digué, dies més tard, que el que feia el pou no tenia permís i que llevarien la maquinària de sondejos deixant-ho tal com estava abans. Dies després, na Diandra ens va dir per telèfon "Que bien, ya funciona la fuente. Podríais venir tal día porque llegará Michael. Está muy contento y querría saludaros".

Hi vàrem anar. En Miquelet encara no havia arribat i n'Andreu i jo vàrem anar a veure el fontinyol que ja havia omplert el safareig. Prop d'ell, hi havia una mata molt grossa, dins la que pareixia que hi havia moviments. Ens hi acostarem i vàrem veure tres "papparatzis"

que apuntaven amb els seus llargs objectius cap a les cases de s'Estaca, que era on suposaven que apareixeria en Miquelet. Més tard va venir i ens va xerrar amb anglès nord-americà. En resum, ens va dir que estava molt content, cosa que després va corroborar el seu advocat amb una carta d'agraïment.

### ***Visita a les conques torrencials que provoquen esporàdicament inundacions del nucli urbà del poble de Sant Llorenç***

A Sant Llorenç hi ha inundacions històriques dels torrents Blanquerna, Planes i Muntanyeta. Es tenen dades d'inundacions notables del poble des de 1943, destacant-se les de 1989 i la de 2018, la darrera, amb 9 víctimes mortals.

Cap a l'any 1990 ens va cridar un conegut enginyer de camins per demanar-nos que féssim una visita a la conca torrencial que va cap a la població de Sant Llorenç. El que ens demanava era una opinió oral sobre la viabilitat, des del punt de vista de l'enginyeria geològica, de construir un o un conjunt de pantans que haurien de servir per retardar els cabdals de les avingudes catastròfiques cap a les zones urbanes del poble.

Hi vàrem anar, i les nostres conclusions provisionals varen esser que no hi havia dificultats per construir els murs de contenció d'aigües, però que contínuament s'havia d'executar un correcte manteniment de les comportes del buidament controlat dels pantans. Per raons que no coneixem no es va fer ni el projecte ni la construcció dels pantans de regulació dels cabdals d'inundació de les zones urbanes de Sant Llorenç.

### ***ParcBit***

Cap a l'any 2001, n'Andreu i jo vàrem esser convidats a aportar les nostres opinions geotècniques i hidrogeològiques dels terrenys destinats a la construcció de les infraestructures viàries i arquitectòniques del ParcBit, amb un dels grups participants en el concurs que organitzava la Comunitat Autònoma de les Illes Balears.

Vàrem trobar dues dificultats importants per al desenvolupament de les infraestructures que es pretenien construir:

- Presència d'argiles molt expansives amb passos laterals freqüents a calcàries o a conglomerats ben cementats.
- Presència d'innumerables albellons a quasi tot el terreny del futur parc, després de pluges intenses.

Algun concursant es va retirar quan va saber que hi havia albellons. El nostre equip no va guanyar el concurs.

### **Algunes col·laboracions i publicacions destacables de geologia**

Entre n'Andreu Muntaner i jo va haver-hi quasi un centenar de col·laboracions des de 1973 fins passat l'any 2000, entre publicacions, visites i estudis escrits, alguns d'ells voluminosos. Els coneixements geològics i hidrogeològics de les Balears per part de n'Andreu varen ser primordials per completar adequadament certs treballs complexos d'enginyeria geològica. Les actuacions es varen fer en primer lloc a una consultoria denominada "GEINCO, Geólogos e Ingenieros Consultores". I després, a "Ingeniería de Sondeos, S.A."

Algunes de les col·laboracions destacables foren les següents:

**Plan indicativo de usos del dominio público litoral (Balears) 1976 a 1980** (començat a 1973) – Veure figures 1, 2 i 3.

El conjunt publicat consta de 22 volums de 420 x 300 cm.

Hi ha totes les costes de cada una de les illes i de tots els illots. Es troben a plans topogràfics i a fotografies aèries que dupliquen les topografies. Tot està fet a escala 1:5.000 amb la finalitat de poder indicar més clarament la geomorfologia, la litologia, els riscos geomecànics i els d'hidrologia superficial.

A més, s'exposa la geologia costera amb plànols a escala 1:50.000.

També es detalla la climatologia i la dinàmica litoral.

S'hi fa un inventari de totes les platges i dels seus usos actuals.

S'estudia la població del litoral, els serveis, els accessos i les vies de comunicació.



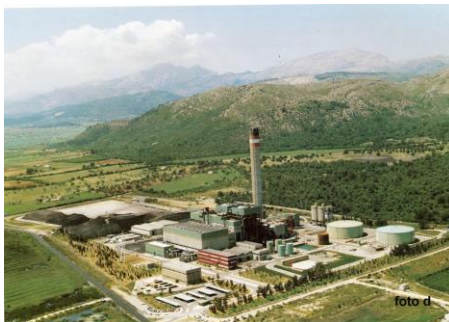
**Fig. 6.** Portades del document Plan indicativo de usos del dominio público litoral (1976-1980).

**Fig. 6.** Covers of the document *Indicative plan of uses of the coastal public domain* (1976-1980).

### **Centrals termoelèctriques de GESA a les Illes Balears.**

En aquests treballs d'enginyeria geològica, fets per mi i encarregats per GESA, n'Andreu va actuar de supervisor dels meus treballs de camp per part de la propietat.

-Central tèrmica de GESA en Es Murterar d'Alcúdia i els canals de refrigeració amb aigua de la mar (1976) (Fig. 7).



**Fig. 7.** Central tèrmica de GESA en Es Murterar d'Alcúdia (1976).

**Fig. 7.** *GESA thermal power plant in Es Murterar d'Alcúdia* (1976).



**Fig. 8.** Central tèrmica de GESA a Maó (1993).

**Fig. 8.** *GESA thermal power plant in Maó* (1993).

El problema principal de les cimentacions va ser la presència zonal de fangs d'albufera, col·locats damunt un sòcol d'oolianites amb sòtil no horitzontal.

-Reacondicionament de la central tèrmica de GESA d'Eivissa (1997).

Hi havia problemes amb la cimentació de certes màquines ja que les vibracions provocaven moviments laterals que podien rompre els eixos rígids de transmissió.

-Central tèrmica de GESA a Maó (1993) (Fig. 8).

-Central tèrmica de GESA de Son Reus, i central d'acondicionament de residus urbans de TIRME (1998).

### ***Altres col·laboracions destacables de geologia i d'enginyeria geològica***

-Urbanització de Son Real, platja d'Alcúdia (1975) (Fig. 9). Aquesta urbanització no es va arribar a construir.

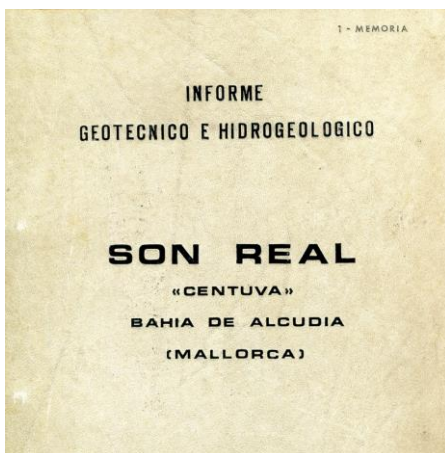
-Urbanització de Bellavista a Lluçmajor (1975).

-Reacondicionament del cementiri de Palma (1978). Antigament hi passava el Torrent de Sa Riera i quan el desviaren es va reomplir l'antic curs amb material de replè. I es volia saber per on anava aquest antic curs per estudiar adequadament les cimentacions dels edificis de tombes que es pretenien construir.

-Geologia de l'illa Dragonera (Parc Natural de Sa Dragonera).

-Primera Via de Cintura de Palma (1978).

-Campus universitari de la UIB (1979) (Fig. 10). Es varen estudiar les característiques generals de l'enginyeria geològica i de la hidrologia superficial (possibles inundacions en casos de pluges molt intenses) per a la construcció de les infraestructures viàries i dels edificis futurs. A més, hi ha zones amb restes d'albuferes.



**Fig. 9.** Portada de l'informe sobre la urbanització de Son Real (badia d'Alcúdia)

**Fig. 9.** *Cover of the report on the urbanization of Son Real (Alcúdia Bay)*

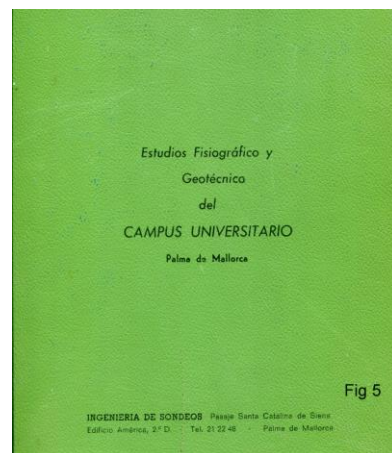


Fig 5

**Fig. 10.** Portada de l'informe sobre el campus universitari (UIB).

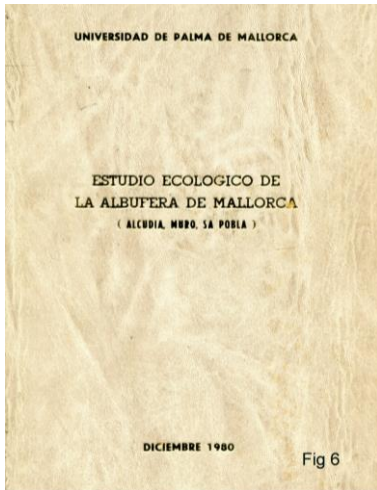
**Fig. 10.** *Cover of the report on the university campus (UIB).*

-“Albufera d'Alcúdia. Universitat” (1980) (Fig. 11). Parts geològica i hidrogeològica entre d'altres estudis de diverses matèries d'altres autors.



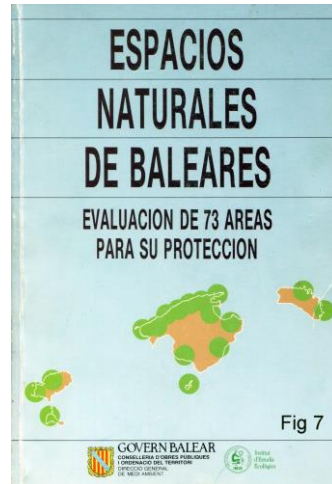
-Estudi d'una pista d'aterratge per a avionetes a una finca de Manacor per a un client particular (1985).

-Article de "Riscos geològics a les Balears" a "Història natural dels Països Catalans. Tom geologia" (1986).



**Fig. 11.** Portada de l'estudi ecològic de s'Albufera de Mallorca.

**Fig. 11.** Cover of the ecological study of s'Albufera de Mallorca.



**Fig. 12.** Portada del llibre sobre els espais naturals de Balears.

**Fig. 12.** Cover of the book on the natural areas of the Balearic Islands.

-“Espacios naturales de Baleares. Govern Balear” (1987) (Fig. 12). Parts geològiques i hidrogeològiques entre diverses aportacions d'altres autors.

-Aeroport de Palma (Son Sant Joan) i Central elèctrica d'emergència per a l'aeroport. L'arquitecte de l'aeroport va ser en Pere Nicolau (1997). El principal problema de cimentació era la intensa karstificació a poca i a mitjana profunditat amb un nivell freàtic molt alt i salobre.

## Bibliografia

Muntaner, A. 1959. Nota sobre la pretendida caïda de un aerolito en las playas de Son Serra (Bahía de Alcúdia) en la noche del 19 al 20 de agosto de 1958. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares*, 5: 27-29.



# Bartomeu Darder Pericàs (1894-1940) i el XIV Congr s Geològic Internacional

Laura DEL VALLE i Joan J. FORN S

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Del Valle, L. i Forn s, J.J. 2021. Bartomeu Darder Peric s (1894-1940) i el XIV Congr s Geològic Internacional. *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 93-108. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La celebració el 1926 del XIV Congr s Geològic Internacional a Madrid (Espanya), donà a conèixer els treballs científics realitzats fins al moment i als científics de l'estat espanyol. Entre ells Bartomeu Darder i Peric s, veterinari, geòleg i mestre fins a la fi dels seus dies a l'Institut de Tarragona. L'objectiu principal d'aquest article és donar a conèixer el paper de Bartomeu Darder en el XIV Congr s Geològic Internacional, el qual va preparar i editar la guia corresponent de l'excursió postcongr s C-5 L'illa de Mallorca juntament amb Paul Fallot. També va participar en l'organització del congrés com a representant de l'Institut de Tarragona, actuant com a secretari en dues sessions- II Sessió "Geologia de la Mediterrània" i presentant dues comunicacions. Una d'aquestes amb la participació de Paul Fallot titulada: L'edat dels moviments orogènics de l'illa de Mallorca, i el segon titulat: Geologia de la Mediterrània. El segon objectiu és l'anàlisi de les repercussions del congrés sobre la geologia de l'estat espanyol, sobretot de la mallorquina, a partir de la classificació, depuració i anàlisi de les dades extretes de la correspondència, llibres, separates, retallades de diaris, cartes, quaderns de camp, etc. procedents del llegat DARDER, facilitat pel seu fill Josep Darder al Govern de les Illes Balears, i que s'han completat amb altres documents relacionats.

**Paraules clau:** *XIV Congr s Geològic Internacional, Bartomeu Darder-Peric s, història de la geologia.*

BARTOMEU DARDER PERIC S (1894-1940) AND THE XIV INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS. The celebration in 1926 of the XIV International Geological Congress in Madrid (Spain), presented the scientific work and the scientists of the State done so far. Among them Bartomeu Darder-Peric s, veterinarian, geologist and teacher until his days at the Tarragona Institute. The main objective of this paper is present the role of Bartomeu Darder on the XIV International Geological Congress. Bartomeu Darder prepared and edited the corresponding guide to the post-congress field trip title C-5 Isla de Mallorca in conjunction with Paul Fallot. Also participated in the congress organization as a representative of the Tarragona Institute acting as a secretary in two sessions –II Session "Geologia de la Mediterr nea" and presenting two communications. One of them with the participation of Paul Fallot titled "La edad de los movimientos orogenicos de la isla de Mallorca", and the second titled "Geologia de la Mediterr nea". The second objective is analyzing the impact of the congress on the Spanish geology, especially Mallorca, based on the classification, filtering and analysis of the data extracted from correspondence, books, reprints, newspaper clippings, letters, field notebooks, etc. from the legacy DARDER, facilitated by his son Josep Darder to the Balearic Government, also to be supplemented by others related documents.

**Keywords:** *XIV International Geological Congress, Bartomeu Darder Peric s, history of geology.*

Laura DEL VALLE, Grup de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears, Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears). Corresponding author: [lauradelvalle.geo@gmail.es](mailto:lauradelvalle.geo@gmail.es) i Faculty of Environmental Sciences and Engineering, Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania; Joan J. FORNÓS, Grup de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears, Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears).

## El XIV Congrés Geològic Internacional

El mes de maig de 1926 es celebrà a Madrid el XIV Congrés Geològic Internacional, el segon celebrat després de la Primera Guerra Mundial. Aquest, fou presidit per l'enginyer de mines César Rubio (1858-1931) president del Consejo de Minería, després de cessar com a director del Instituto Geológico de España (IGE) i fou inaugurat pel rei Alfons XIII, el qual, a més a més, presidí la sessió inaugural i la recepció en el Palau Real (Ayala-Carcedo *et al.*, 2004). Per a l'Estat Espanyol, la celebració del congrés a casa representava una oportunitat única per a mostrar els treballs realitzats a l'Estat fins al moment.

Al principi el congrés s'anava a celebrar l'any 1925, però donada la complexitat, tant de l'organització com de l'elaboració de les guies de camp, es va haver d'endarrerir un any. Fins i tot, al principi és va posar en dubte la seva continuïtat (Bataller, 1926; Ayala-Carcedo *et al.*, 2004). Per tant, tampoc hi havia moltes esperances que es realitzessin les excursions; tal i com li ho comunicava Manuel de Cincúnegui l'1 d'abril de 1924 a Darder (Correspondència Darder, 1924).

Aquesta complexitat es traduí en la definició d'onze sessions, cadascuna ajustada a un tema. Aquestes foren exposades al comitè organitzatiu i es preguntà l'opinió de molts científics, un d'ells el mateix Bartomeu Darder.

Els temes en qüestió foren: Reserves mundials de fosfats i pirites; Geologia de la Mediterrània; Fauna Càmbrica i Silúrica; Geologia d'Àfrica i relacions amb la d'Europa; Vertebrats Terciàris; Plegament Hercinià; Foraminífers Terciàris; Teories metal·logènètiques modernes; Vulcanisme; Estudis geofísics i Vària. Les quals foren llegides entre el 23 i el 31 de maig a la seu del *Instituto Geológico de España*, un edifici construït per a l'ocasió. Amb la presència de 722 assistents, el més elevat de tots els congressos geològics celebrats fins al moment (Ayala-Carcedo *et al.*, 2004).

Un punt important del congrés fou la realització de 16 excursions per tota la Península, Canàries i Balears. Cinc de les excursions es realitzaren abans de les sessions del congrés a partir del 5 de maig. Foren concretament les del sud de la península i Canàries. (A-1 Gibraltar; A-2 Cabo de Gata i Sierra de Ronda; A-3 Jaciments metal·lífers de Linares i Huelva; A-4 Tectònica de la vall del Guadalquivir; A-5 Serres Bètiques; A-6 Terciari de Burgos i A-7 Vulcanisme de les Illes Canàries).

Les excursions realitzades durant la celebració de les sessions del congrés, es feren per la part central peninsular (B-1 Mines de Almadén; B-2 Sierra de Guadarrama i B-3 Terciari continental d'Aranjuez) i, amb posterioritat al congrés, un cop finalitzades les sessions, es realitzaren les localitzades al nord-est peninsular i a les Illes Balears (C-1 Conca Carbonífera Asturiana; C-2 Jaciments de ferro de Bilbao; C-3 Conca Potàssica catalana i Pirineu central; C-4 Catalunya, conca potàssica, cretàic de Berga i regió volcànica d'Olot i C-5 Illa de Mallorca).

Un punt remarcable per a la geologia de l'Estat Espanyol, de manera que podem parlar d'un abans i un després, és que aquest congrés encoratjà la col·laboració entre científics nacionals i internacionals, com seria el cas de la col·laboració entre Bartomeu Darder i Paul Fallot.

Aquest esdeveniment també fou l'esquer per a molts científics del moment, de tirar endavant aquestes col·laboracions amb els tectònics europeus, per l'interès del moment en els arcs alpins amb les noves idees aportades pel geòleg Émile Argand (1879-1940) dins de les teories mobilistes del moment (Fornós, 2008).

## **El paper de Bartomeu Darder en el Congrés**

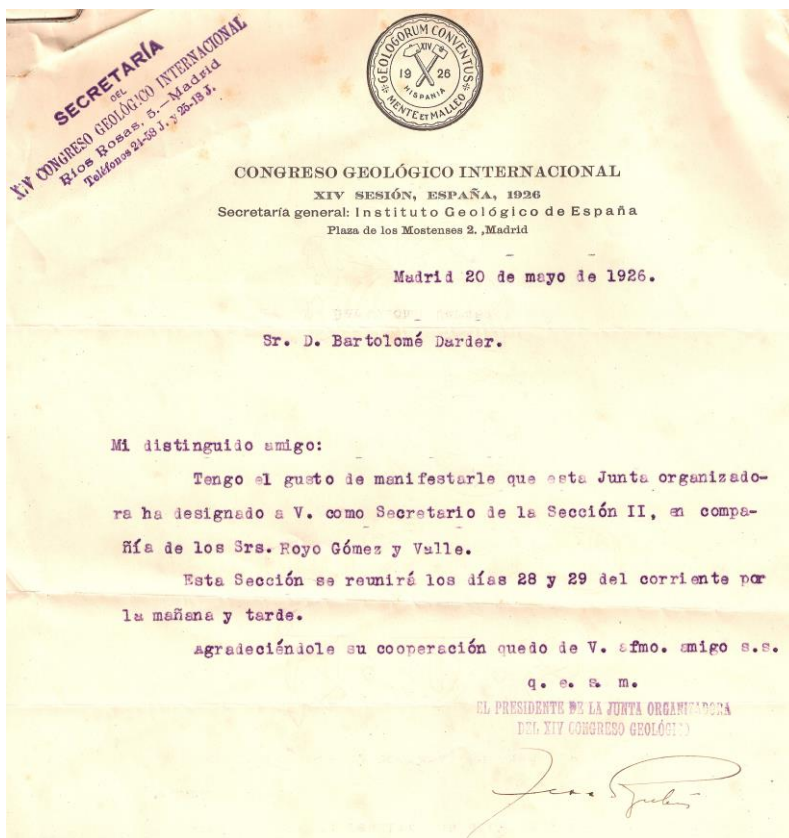
A causa de la gran complexitat organitzativa del XIV Congrés Geològic Internacional, l'Institut Geològic de España (IGE) essent el seu president, com ja s'ha dit, César Rubio, en la seva qualitat de director, i Enrique Dupuy de Lôme i Vidiella també de l'IGE, com a secretari general (Ayala-Carcedo *et al.*, 2004) feren una crida general als geòlegs del moment de tot l'estat. Fou d'aquesta manera que Bartomeu Darder, gran coneixedor de la geologia de Mallorca, fou l'encarregat de preparar l'excursió C-5 Illa de Mallorca, així com la redacció de la guia de camp, per a la qual comptà amb la col·laboració del geòleg francès Paul Fallot que feia poc havia publicat la seva tesi doctoral sobre la Serra de Tramuntana mallorquina. També va participar en l'organització del congrés com a representant de l'Institut de Tarragona (Fornós, 2008) i fou el secretari de dues sessions científiques, tal i com es pot llegir en la carta datada del 20 de maig del 1926, enviada per la Secretària General de l'Institut Geològic d'Espanya (Fig. 1).

Darder, feu també la lectura de dues notes: una sobre "L'edat dels moviments orogènics a l'illa de Mallorca" que comptà amb la col·laboració de Paul Fallot, i una altra titulada "Geologia de la Mediterrània".

## **Preparació de l'excursió C-5 Isla de Mallorca**

L'excursió C-5 Illa de Mallorca, fou una de les més interessants, dirigida per l'enginyer de mines el Dr. Manuel de Cincúnegui de l'Institut Geològic de España, amb Bartomeu Darder a la direcció de la part científica i la col·laboració de Paul Fallot, professor de geologia i director de l'Institut de Geologia Aplicada de la Universitat de Nancy (França) (Darder i Cincúnegui, 1927). Aquest últim arribà a Mallorca durant l'estiu del 1910 amb la intenció d'estudiar la geologia de l'illa. No obstant això, en observar la gran complexitat d'aquesta, es limità a estudiar la Serra de Tramuntana. Ja des de molt jove, Bartomeu Darder passava els estius a Mallorca, i fou durant els seus primers anys de batxillerat quan va conèixer a Paul Fallot arran d'una de les seves visites al laboratori de biologia marina que en aquells moments estava, situat a la zona de Porto Pi, i que era utilitzat com a base pel francès de manera provisional. Fou així, com va començar Bartomeu Darder, gran amant de la geologia, a entrar en contacte directe amb les modernes teories geològiques del moment. Aquest fet portaria amb el temps a una estreta col·laboració amb Paul Fallot la

qual, finalment, es reflectiria en la preparació de l'excursió post-congrés C-5 Illa de Mallorca i la seva respectiva guia.



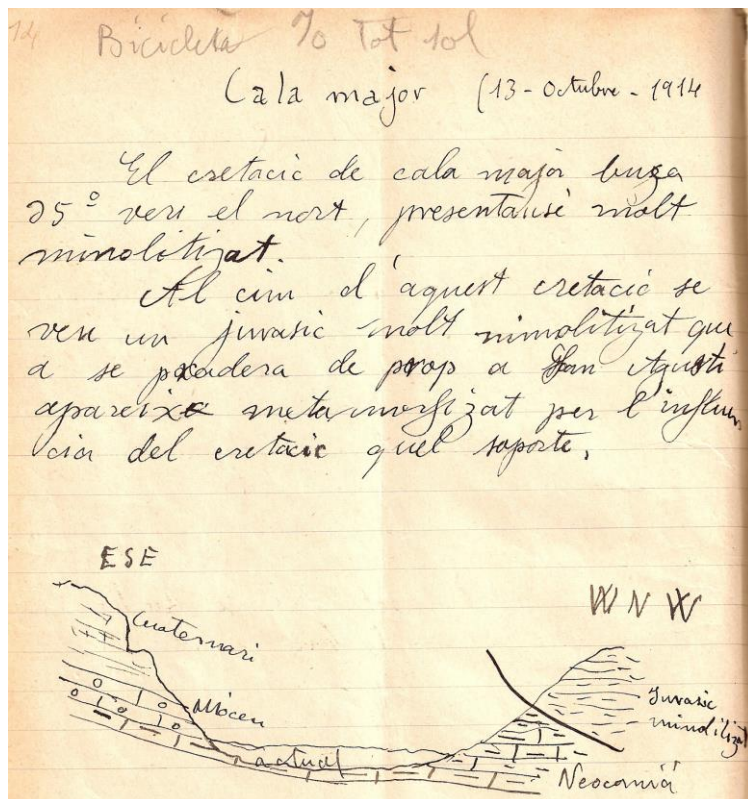
**Fig. 1.** Carta del 20 de maig de 1926 (Correspondència Darder, 1926).

**Fig. 1.** Letter of may 20, 1926 (Darder correspondence, 1926).

La preparació de l'excursió no fou una tasca fàcil des del punt de vista geològic a causa de la gran complexitat tectònica de Mallorca. Tampoc ho va ser la infraestructura per als participants, començant per les dificultats del viatge a una illa on els únics mitjans de transport per a accedir-hi eren el vaixell o l'avió. Aquest últim en 1925 suposava un preu desorbitat. La via marítima costava unes 105 pessetes el viatge normal i 32 pessetes de tornada en segona classe (Correspondència Darder, 1925-1926). Un altre fet a considerar és que les excursions havien de ser aptes per a tots els congressistes. Per aquesta raó, Bartomeu féu un treball de detall, que consistí en valorar la dificultat de cada ruta, cercant les de fàcil accés i que al seu torn tinguessin gran interès geològic fàcilment apreciable a primer cop d'ull. A fi de complir amb tots els requisits i portar a bon terme la preparació de l'excursió, va preparar dues campanyes de camp a realitzar entre els anys 1923 i 1926, amb els seus corresponents pressupostos. Per la primera campanya de camp, presentà un

pressupost de 1.367,10 pessetes, i un segon pressupost per a la segona campanya -realitzada a l'estiu- de 3.200 pessetes.

Per a la realització de la guia, els autors es basaren en treballs seus publicats anteriorment com la tesi del propi Fallot "Étude géologique de la Serra de Majorque" (Fallot, 1922a) o en el treball publicat als "Comp. Rend. Congrès International" (Fallot, 1926) així com de tota la feina de camp de Darder, començada l'any 1914, i reflectida en totes les anotacions, esquemes, itineraris i mapes que es poden veure en les seves llibretes de camp. Aquestes llibretes tenen un gran valor científic, pel fet que contenen totes les anotacions de l'autor en perfecte estat, explicant al detall tot el recorregut, el tipus de materials, les hipòtesis sobre les fàcies, talls geològics (Fig. 2).



**Fig.2.** Detall de la primera pàgina del quadern de camp de Bartomeu Darder datada del 13 d'octubre de 1914.

**Fig. 2.** Detail of the first notebook of Bartomeu Darder, dated October 13, 1914.

De fet, la major part de les excursions i sortides de camp realitzades anteriorment a la preparació de l'excursió C-5 constituïren una part fonamental de la seva obra, que cobria pràcticament tota Mallorca, i en especial a la zona de llevant. A part d'extreure-hi la informació per a realitzar l'excursió C-5 Illa de Mallorca li serviren per a plantejar diverses hipòtesis científiques sobre la formació de la Serra i, en especial de la zona central de l'illa



de Mallorca, que més tard quedaren reflectides en una sèrie de treballs publicats en diverses revistes científiques (Darder, 1925; 1927a; 1927b; 1928; 1929a; 1929b; 1931a; 1931b, 1931c; 1931d; 1932; 1933; 1934a; 1934b).

Bartomeu Darder no tan sols es va encarregar de redactar la part científica de l'itinerari, sinó que es va encarregar de la seva logística, és a dir, es preocupà de cercar els mitjans necessaris per a dur-la a terme, ja fos un automòbil o cavalleries. Encara que, no sempre ho féu sol. Per exemple en una ocasió gaudí de l'ajuda proporcionada per un jove Guillem Colom Casasnovas de Sóller, el qual li proporcionà informació i descomptes sobre les Cavalleries de Sóller. Així, per a l'excursió de Lluc a Sóller contractaren cavalls a 20 pessetes (del manteniment s'encarregava l'amo de les bèsties -Ca's Pentinador-), gràcies a una subvenció de 1.000 pessetes del *Instituto Geológico*, a través de Manuel de Cincúnegui (Correspondència Darder, 1923 al 1925). Però la seva implicació fou més enllà de la simple logística, ja que per a recol·lectar diners per a la causa, Darder també visità a un bon amic i cosí seu, el que més tard seria batle de Palma Emili Darder (1933-34 i 1936, afusellat el 1937), el qual li va prometre de 1.500 a 2.000 pessetes per a pal·liar part dels costos, així com per a pagar els automòbils i part dels passatges de vaixell a vapor en el cas que sobressin recursos. En aquell moment era batle de Palma, Guillem Dezcallar Montis, marquès de Palmer (batle entre 1925-1927), i la seva proposta d'ajut, seguí endavant (Correspondència Darder, 1925).

Una altra curiositat parteix de l'enginyer que era el Cap de Camins i Obres Públiques de les Illes Balears Antonio Sastre, el qual estava realitzant un dels trams de la carretera d'Andratx. Fruit de la seva amistat amb Darder, li aconseguí que els operaris i obrers que treballaven en la construcció de la carretera, recol·lectessin els fòssils trobats durant les excavacions i treballs realitzats a la construcció de la carretera, per al seu posterior repartiment entre els congressistes assistents a l'excursió de Mallorca C-5 (Correspondència Darder, 1925).

Cal remarcar, que Bartomeu Darder a fi de dur a terme les dues campanyes de camp preparatòries del congrés, així com la preparació de l'itinerari, encarregar-se de la logística (automòbils, cavalleries, allotjament, etc.) assistir i participar en el congrés, va haver de demanar un temps d'interrupció de la càtedra de l'Institut de Tarragona.

Finalment, Manuel de Cincúnegui féu un assaig general de l'excursió C-5. Aquest, recorregué tots els itineraris amb Darder juntament amb un agent de la companyia de "Wagons Lits", en lloc del seu ajudant facultatiu el senyor Varó, el qual era l'encarregat de l'organització logística del congrés i de les excursions (menjars, allotjament, etc.). També els va acompanyar a l'excursió de prova el professor Seidlitz de Jena, ja que li era impossible assistir en els dies que es realitzava l'excursió i tenia molt d'interès a anar-hi.

## **Desenvolupament de l'excursió C-5 Illa de Mallorca**

El registre total dels assistents a l'excursió C-5 Illa de Mallorca, va complir amb les expectatives de participants que va recomanar Bartomeu Darder, així li ho comunicà per carta Agustín Marín, secretari del director de l'Institut Geológico de España (IGE), César Rubio (Correspondència Darder 1925-1926). Finalment, el nombre de congressistes fou de 40 (a part d'acompanyants i organitzadors), com s'indicava a la llista final que fou enviada

LLINATGES	NOM	ANY	UNIVERSITAT O ESCOLA	PROCEDÈNCIA
JOHNSTON	Miss Mary		F.G.S, F.R.G.B, FZS.	Anglaterra
WALTER SCHIRIEL	H.	1892 - 1959	Dr. Phil. Staatlicher Geol. A.d. Preussischen Geologischen Landesamtlat.	Alemanya
VIOLETTE BRUCE	Miss Mary			Canadà
PUIG DE LA BELLACASA	Narciso		Escuela de caminos	Espanya
G.BELLIDO	Joaquin		La Armada	Espanya
LESTER BRUCE	Everend		University of Canadà	Canadà
JAMES ACOCK	Fred		Fellow Royal Society os Canada	Canadà
JUNG	Jean		École National Supérieure du Pétrole. Strasbourg	França
MNE. JUNG	Jean			França
LUDWICK HORWITS	M.		Service Geolo. de Polonia	Polònia
COLEMAN	A.P.	1852 - 1939	Ph. D.L.D. Sc. D.R.F	Canadà
LEFEVRE	Marguerite	1894 - 1967	Université de Louvain	Bèlgica
HONIC	Stefanie		Ste. Geol. de Polonia	Polònia
HUCKE	Kurt	1882 - 1963	Dr. Phil. Studienrat	Alemanya
ANDERSEN	Fred C.		Minas de Noruega	Noruega
CHADON	Edna		Geol. Studen. Queenie University of Canada	Canadà
PAMEKOCK VAN RHEDEN	M.J.J		Geological Survey of the Netherlands	Holanda
FOURMARIER	Paul F.J	1877 - 1970	Université de Liège	Bèlgica
BOHDAN SWIDRISKI	M.	1892 - 1943		Polònia
RODOLPHE FARIBAULT	M.E.		A.Sc. F.R. sg. Geologue	Canadà
MAZARRASSA	J. Manuel		Ingenieros de minas de España	Espanya
WALTER BENOUILLE	M.		Sciences	Bèlgica
STANISLAW LEUCENOVICZ	M.		Université Varsovia	Polònia
GARDNER	Julia	1882 - 1960	Geological Survey	EE.UU
LAMARC	Pierre J.H		Collegue de France	França
WINKLER HEERMADEN	Arthur	1890 - 1963	Privadozen o.d University of Wien	Àustria
SALOMON CALVI	H.	1868 - 1941	Palson ins. University of Germany	Alemanya
HERNY K. ARCTOWSKI	M.		Ins. Geofisiki University of Polonia	Polònia
ARCTOWSKI	Mne.			Polònia
FRITZ WEG	H.			Alemanya
CARLD GAEBERT	H.			Alemanya
HEENE GAEBERT	Frau			Alemanya
DELEGADO OFICIAL				Finlàndia
DARDER PERICÁS	Bartomeu	1894 - 1944		Espanya
FALLOT	Paul	1889 - 1960	Dir. Inst. de Geologia aplicada de Nancy	França
DE CINCÚNEGUI	Manuel	1890 - 1936		Espanya
COLOM CASESNOVES	Guillem	1900 - 1993		Espanya
CARANDELL	Joan	1893 - 1937		Espanya
ARGAND	Emile	1879 - 1940		Suïssa
BROWER DE LA HAYA	H.			Holanda
VIVAR	Sr			Mèxic
MERRILL	J.P			EE.UU
CALDENTY	Pere			
NOVELLA				
RODRIGO-VARÓ				
VAN-RHEDEN				
SWIDERSKI				

**Taula 1.** Llista final dels assistents a l'excursió C-5 Illa de Mallorca, enviada per César Rubio a Bartomeu Darder (Correspondència Darder 1925-1926). En vermell les dades introduïdes segons les dades recollides post-excursió.

**Table 1.** Final list of those attending the C-5 Mallorca Island field trip, sent by César Rubio to Bartomeu Darder (Darder correspondence, 1925-1926). In red data entered according to the post-field trip data collected.

a Bartomeu (Taula 1). Malgrat tot, no ha estat possible comprovar l'assistència de tots els congressistes, perquè les dades que hem pogut extreure de la correspondència entre Bartomeu Darder i Manuel de Cincúnegui, no concorden amb les dades publicades ni amb

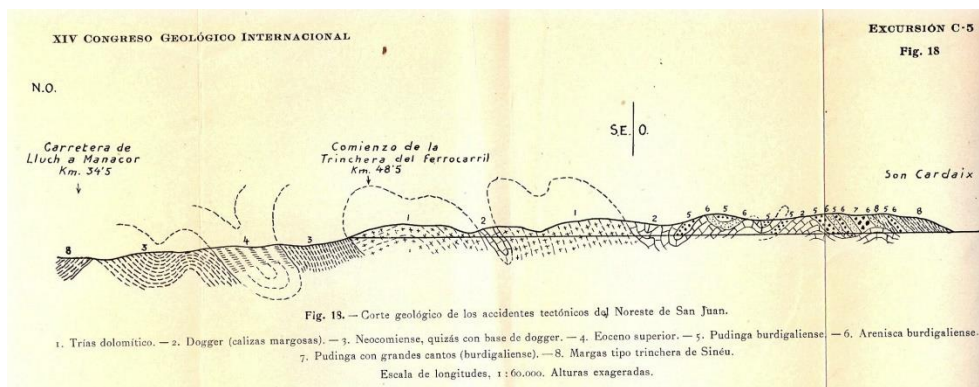
les fotografies del congrés publicades amb posterioritat a la realització de l'excursió. A partir de la llista enviada per carta per Bartomeu Darder datada del 18 d'abril de 1926, podem almenys concloure que la procedència dels congressistes era molt variada, encara que, la majoria eren espanyols, alemanys i canadencs.

El primer itinerari que presentaren Bartomeu Darder i Paul Fallot estava preparat per a 10 dies, encara que es rebaixà a vuit per exigències de temps i per no complir amb els models establerts per César Rubio. Al final, comptant amb el trajecte de vapor des de Barcelona, van ser un total de 9 dies.

A continuació, exposem l'itinerari final ja modificat de l'expedició a Mallorca, amb les anotacions dels comentaris que es feren durant les excursions:

### 1r dia

A les set del matí, arribada a Palma, tot el matí dedicat al descans i a recórrer la ciutat. A dos quarts de tres, sortida cap a Sineu amb cotxe, arribada a les quatre de la tarda. Recórrer a peu la trinxera del ferrocarril observant la superposició de l'oligocè lacustre sobre el Burdigalià; a un quart de sis marxa cap al Puig de Son Font observant testimonis del mantell de corriment; a les sis arribada al sinclinal de Son Onofre i estudi del mantell terciari amb les seves transgressions del Juràssic mitjà i del Miocè, van recórrer la trinxera del ferrocarril a peu fins a Cardaix (Fig. 3). A dos quarts de vuit sortida cap a Petra, Vilafranca i Felanitx, arribada a dos quarts de nou per a sopar. Cal remarcar la discussió que es va produir sobre els encavalcaments del Puig de Son Onofre (Miocè).



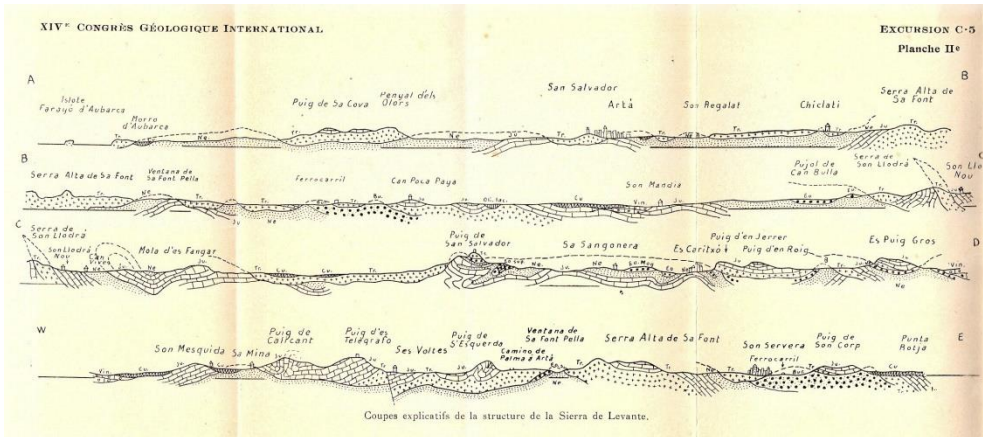
**Fig. 3.** Tall geològic explicatiu de la zona de Son Cardaix de l'excursió a Mallorca del XIV Congrés Geològic Internacional.

**Fig. 3.** Geological section explaining the Son Cardaix of the Mallorca field-trip of the 14th International Geological Congress.

### 2n dia.

A les sis del matí sortida cap a Felanitx per Sant Salvador amb cotxe, estudi del Puig de Sant Salvador. A les nou retorn a Felanitx, a dos quarts de deu visita al Puig de Son Nicolau visitant les fàcies nummulítiques, pseudo burdigalianes i a continuació marxa cap al Santueri amb aturada per a observar les dolomies triturades del triàsic, arribant a les 10 a Santueri. A un quart d'onze pujada al castell, examen de les coves i de la seva fauna

quaternària i visita general sobre la tectònica de la comarca i visita al Puig de s'Envestida (Fig. 4). A les tres, sortida cap a Manacor amb parada a les pedreres de ciment (dogger); arribada a Manacor a les quatre, sortida immediata cap a Porto Cristo arribant a dos quarts de cinc. A les cinc visites a les coves del Drac, sortint a les vuit de la nit, sopar i dormir.



**Fig. 4.** Tall geològic explicatiu del Puig de Sant Salvador de l'excursió a Mallorca del XIV Congrés Geològic internacional.

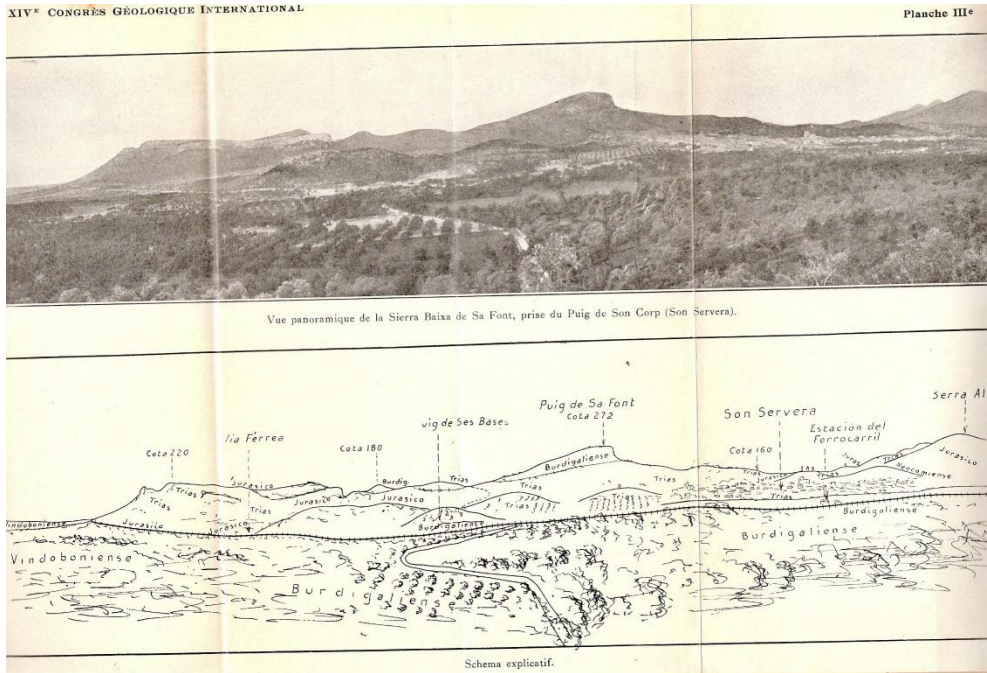
**Fig. 4.** Geological section explaining the Puig de Sant Salvador of the Mallorca field trip of the 14th International Geological Congress.

Els excursionistes estaran d'acord amb l'estratigrafia i distribució dels terrenys que exposà Darder en el seu mapa inèdit a escala 1: 50.000, i també la seva interpretació tectònica, a excepció del detall del Castell de Santueri, sobre la qual es va entaular un apassionant debat entre els professors Argand i Darder, sobre si el triàsic del Castell recobria el Juràssic invertit (Darder) o, si passava per davall (Argand). Després d'una hora d'argumentacions, cadascun es quedà amb la seva opinió primera, conclouent que es necessitava un treball més a fons per tal d'esbrinar-ho. Un altre tema en discussió fou el dels plecs presents al Puig de Sant Salvador que segons Darder confirmava la seva interpretació tectònica de l'empenta oligocena. La discussió es va iniciar entre el professor Argand i Darder sobre si la direcció SW, mesurada a partir de l'anàlisi de les xarneres, donava a entendre una tectònica procedent del SW o bé podia ser ocasionada per pressions transversals. E. Argand va aprofitar per exposar la seva hipòtesi sobre els plecs en colze que havia explicat anteriorment als Alps.

3r dia

A les sis del matí visita a les Coves dels Hams, fins a dos quarts de nou, a les nou arribada a Manacor, sortint a continuació cap a Sant Llorenç i visita a la trinxera del ferrocarril arribant a Sant Llorenç a les onze, continuant fins a Son Servera i visita al Puig de Son Corp (Fig. 5). Menjar a Son Servera a la una. A les dues de la tarda sortida cap a Artà i a les coves arribant a dos quarts de tres. Visita a les coves fins a dos quarts de set i

després fins a Cala Rajada, arribada a les set amb cotxe a Artà, parant-se per a veure els guixos triàsics de Capdepera, sopar i dormir.



**Fig. 5.** Foto panoràmica amb esquema geològic explicatiu de la zona de Son Servera de l'excursió a Mallorca del XIV Congrés Geològic Internacional.

**Fig. 5.** Panoramic photograph with geological section explaining the Son Servera area of the Mallorca field trip of the 14th International Geological Congress.

#### 4t dia

A les sis del matí visió general de la comarca des del Puig de Sant Salvador d'Artà, a les set del matí marxa cap a l'Alqueria Veya, examen del hauerterivià nerític i de la tectònica fins a les vuit. Després pujada cap a l'ermita amb un examen tectònic i baixada a peu per la Colònia. A les dotze tornada a Artà amb parada a Sa Devesa i Morell, arribada a Artà a dos quarts de dues amb cotxe. A les tres de la tarda sortida cap a Santa Margalida, arribant a Muro a dos quarts de cinc i estudi de la fauna vindobnià fins a les sis. A aquesta hora sortida cap a Pollença passant per Alcúdia i parada a les mines de Son Fé, visita a la Cala de Sant Vicenç. Pernoctació a Pollença.

#### 5è dia

A les sis del matí sortida amb cotxe fins a Son March, des d'allí els cotxes tornaran a Lluc i l'expedició continuarà a peu en aquell mateix punt, on s'arribarà a l'hora de berenar. A la tarda expedició a Escorca i visita a l'origen del Torrent de Parells tornant a Lluc per a agafar els cotxes i anar a dormir a Sóller.



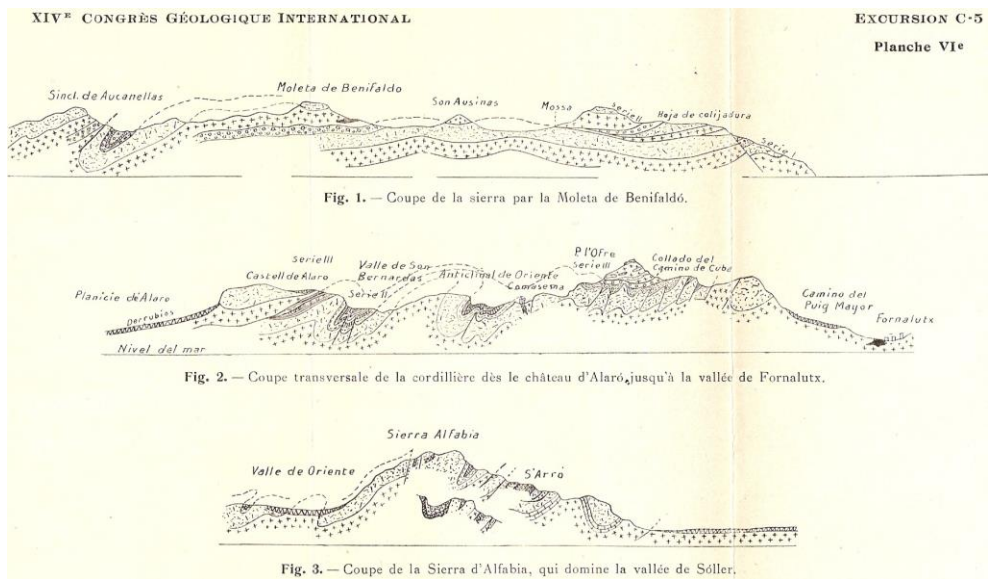
6è dia

A les sis del matí sortida de Sóller per anar a visitar Muleta i el port de Sóller on s'embarcarà per a recórrer la costa fins a Sa Calobra. Allí es podrà desembarcar, visitar la desembocadura del Torrent de Pareis i berenar, tornant al Port de Sóller on s'agafaran els cotxes que conduiran l'excursió a Valldemossa, per a pernoctar.

7è dia

A les sis del matí sortida de Sóller amb els cotxes cap a Banyalbufar i Son Bunyola, seguir fins a berenar a Estellencs i de seguida continuar fins a Andratx.

Com era de costum en aquest tipus de congrés la nit anterior a la partida, la Diputació Provincial presidida pel senyor Pelegrín G. Montcada, va oferir a tots els congressistes assistents a l'excursió, un banquet en l'Hotel Mediterrani del Passeig Marítim de Palma.



**Fig. 6.** Tall geològic explicatiu de la Serra de Alfàbia de l'excursió a Mallorca del XIV Congrés Geològic Internacional.

**Fig. 6.** Geological section explaining the Serra d'Alfàbia of the Mallorca field-trip of the 14th International Geological Congress.

8è dia

A les set del matí visitar Bellver i els voltants de Palma, tornant a l'hotel a menjar. A dos quarts de quatre visita a Bendinat, Cala de Santa Ponça i carretera d'Andratx, tornant a Palma a dos quarts de vuit per a embarcar a les nou cap a la península.

### Guia i post excursió C-5 Illa de Mallorca.

Poc després de la celebració del congrés i un cop acabada l'excursió, tant Bartomeu Darder com el seu col·lega i amic Paul Fallot, reberen una allau de correspondència

mostrant l'agraïment i felicitant-los pels treballs realitzats (Correspondència Darder, 1926-1929).

Com ja hem comentat, cada excursió realitzada en el congrés comptava amb una guia. La guia que corresponia a l'excursió C-5 fou escrita a mitges per Paul Fallot (part general i zona nord) i per Bartomeu Darder (a qui va correspondre la zona de llevant i part central de l'illa) (Darder i Fallot, 1926). La guia fou escrita d'acord amb els models establerts per César Rubio i Agustín Marín, amb la finalitat de fer totes les del congrés del mateix estil i no sortir-se d'una maquetació uniforme. Malgrat tot, a causa de la gran complexitat de l'illa, Bartomeu advertí que probablement els sortiria una mica més extensa o que el temps de realització seria superior a la data exigida, així i tot, el mes de març de 1926, la guia va estar acabada, a punt d'anar a impremta. Finalment però, aquesta és modificar a conseqüència de les exigències en l'itinerari per part de César Rubio, i també per la introducció de dos nous punts que segons Bartomeu eren de gran interès geològic, el primer punt era el Puig de Galera, perquè des d'aquest punt es podia observar el relleu i el contacte anormal entre les capes, el segon punt era s'Arracó, interessant per la seva fàcies amb abundant contingut fossilífer.

La guia de l'excursió C-5 Illa de Mallorca, fou publicada per el Instituto Geológico de España, tot seguit d'acabar-se l'excursió. És va realitzar, com ja hem dit, seguint el mateix format que les altres guies editades amb motiu del congrés. Correspon a un llibre enquadernat en tapes dures de color blanc, de dimensions 20 cm per 13,5 cm, amb la intenció de fer-la manejable durant la realització dels itineraris. La guia va ser editada en dos idiomes, castellà i francès; la versió castellana consta de 125 pàgines i la versió francesa de 113 pàgines; amb les corresponents figures, gravats i mapes. La guia està formada de tres capítols; el primer capítol fa una introducció de l'arxipèlag, en el segon es descriuen les característiques geològiques generals de les zones que es visitaren i en el tercer es detalla l'itinerari que es dugué a terme. El volum inclou també diversos desplegable amb talls geològics per a l'observació "in situ" en el camp i el primer esquema estructural de l'Illa de Mallorca a escala 1: 200.000 realitzat a partir de les dades dels dos autors. L'ajuda mútua entre els dos científics es va veure reflectida amb les correccions ortogràfiques i les traduccions mútues al seu idioma matern respectivament de la guia.

Aquesta col·laboració estreta entre els dos autors va continuar amb la publicació de múltiples articles en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Darder, 1925; Darder i Fallot, 1925), o en el "Boletín del Instituto Geológico"; També publicaren un article sobre les excursions C-5 a Mallorca a la revista *Ibérica*, per demanda personal del director de la revista. D'altra banda, Darder publicà un llibre titulat: *Estudi geològic dels voltants de Sineu i el Puig de Son Onofre* (Darder, 1925), la qual cosa comportar les felicitacions de l'Enginyer Manuel de Cincúnegui.

Dels múltiples resultats que donà el Congrés i les excursions relacionades, en destaca la publicació l'any 1934 de la *Géologie des Pays Catalans* dirigida pel geòleg Jaume Marcel i Riba (Barcelona, 1894-1963), el qual estudià les modernes tècniques de petrologia a Ginebra amb L. Duparc, i que fou membre de l'Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, director de l'Institut Municipal de Ciències Naturals, soci fundador de la Societat Catalana de Geografia, a més de participar activament en el XIV Congrés Geològic Internacional. D'aquesta publicació se n'editaren cinc volums, essent una recopilació dels articles publicats en revistes científiques, de temes relacionats amb el congrés i també de les seves



excursions. El primer volum inclou un treball realitzat per Bartomeu Darder *Le relief et la tectonique de l'Île de Mallorca, et l'excursion C-5* (Darder, 1929b; 1931a; 1931b; 1931c; 1931d; 1933; 1934a; 1934b), que fou publicat tres anys després del congrés, durant el 1929. El segon volum està dividit en cinc parts, totes amb l'encapçalament *Géologie de la Méditerranée Occidentale* (el títol fou canviat per raons de censura governamental); en aquest volum es donaven a conèixer els estudis i observacions realitzades a la regió catalana durant el XIV Congrés Geològic Internacional del 1926. L'última de les cinc parts, que correspon a les Illes Balears, correspon a una recopilació dels coneixements de la geologia de les Illes, intentant emmarcar-les dins del context de l'estructura global de la Mediterrània occidental (Darder, 1929a).

En aquest mateix sentit, són interessants les anàlisis paleogeogràfiques del sistema alpí que realitzà Rodolf Staud (1926) de la Universitat de Zurich. També, però en menor mesura, les propostes realitzades pel químic americà Hans E. Suess (1909-1993) i pel geòleg francès Henri Terrier (1897-1989).

En l'edició de la revista "Ciència", dins de l'apartat de Societats científiques, Congressos i Conferències (Expedicions en Terres Catalanes), es publicà un resum de l'itinerari de l'excursió C-5, amb els temes de discussió i de més rellevància (Darder, 1927a; 1927b; 1927c).

## Algunes referències internacionals

El XIV Congrés Geològic celebrat a Espanya el 1926 i més concretament, l'excursió C-5 que es realitzà a Mallorca, va despertar gran curiositat entre els científics del moment, provocant una onada de comentaris i treballs científics sobre l'illa de Mallorca posteriors a l'excursió, donada la gran complexitat i interès geològic que mostra la seva geologia i que va quedar evident durant la realització de l'itinerari i que podem dir que encara perdura en els nostres dies.

Entre d'altres cal destacar el cas de A. Winkler de Viena que remarcà el gran interès dels problemes estructurals de l'illa a l'article *Morphologisch-Geologische Beobacht unyen auf Mallorca* (Winkler, 1927), on resumia les idees més rellevants recollides durant l'excursió per l'illa, a més de recolzar-se en les dades obtingudes pels guies així com de la guia publicada de l'excursió C-5 Illa de Mallorca.

Un altre fou P.F.J. Fourmarier, de Liege, *Quelques observations sur l'ornementation naturelles de deux grottes de l'Île de Mallorca (Espagne)*, on fa referència a la zona d'Artà i de les coves del Drac, comparant-ho amb les rutes belgues; i observacions sobre Mallorca, publicades en el número 17 de la revista *Ciència* on resumeix les impressions de caràcter estructural tectònic de la visita.

També cal destacar els comentaris publicats per Miss Mary Sophia Johnston amb el títol de *Geological Notes on Spain and Majorca* (Johnston, 1927). Aquesta autora també va proporcionar una sèrie de fotografies, algunes de les quals foren publicades en la revista *Ciència*, sobre l'excursió i endemés, realitzà múltiples conferències sobre l'excursió, com la del Puig de la Bellasca o Impressions amb motiu del Congrés Geològic Internacional (Correspondència Darder, 1929; *Ciència* (17)).

D'altra banda, Bartomeu, va aprofitar les excursions realitzades a Sierra Nevada per Dupuy de Lome, per a construir la seva hipòtesi sobre l'estructuració i relació de l'illa de Mallorca, tot fent una comparació de les fàcies presents en els relleus de Sierra Nevada i els presents a Mallorca (Correspondència Darder, 1929; 1934b).

## Conclusions

La celebració del XIV Congrés Geològic Internacional l'any 1926 a Espanya fou molt important per a donar a conèixer a la comunitat internacional el coneixement geològic que hi havia de l'Estat fins aquell moment. El congrés va esdevenir un punt d'inflexió clau que obrí camí de bat a bat cap a la interacció i la col·laboració entre científics nacionals i els científics internacionals de més renom del moment.

En aquest context, Bartomeu Darder-Pericàs, hi intervingué de forma decidida, implicant-se en la preparació i realització de l'excursió C-5 del XIV Congrés Geològic Internacional que tingué lloc a Illa de Mallorca, amb la redacció de la corresponent guia, per a la qual va comptar amb l'ajuda del prestigiós geòleg francès Paul Fallot. De resultes de la interacció de Darder amb l'elit acadèmica geològica del moment en sortirien amb posterioritat una munió de treballs geològics que posaren l'illa dins el món internacional del coneixement geològic.

## Agraïments

Agrair al senyor Josep Darder (fill de Bartomeu Darder) i a la seva família, la cessió del seu llegat al Govern dels Illes Balears, així com a la Conselleria d'Educació i Universitats del Govern de les Illes Balears per totes les gestions realitzades per a la catalogació i preservació de tota la documentació.

## Referències

- Ayala-Carcedo, F.J., Perejón, A., Jordà, L. i Puche, O. 2005. The XIV International Geological Congress of 1926 in Spain. *Episodes*, 28 (1): 42-47.
- Bataller, J.R. 1926. XIV Congrés Geològic Internacional. Ext. *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 376-377: 62.
- Correspondència Bartomeu Darder i Pericàs. Anys: 1923, 1924, 1925, 1926 y 1929. Llegar Darder. En dipòsits al Govern de les Illes Balears.
- Darder, B. 1925a. Estudio geológico de los alrededores de Sineu y del Puig de Sant Onofre (Región Central de Mallorca) (con notas paleontológicas de M. Charles Déperet y de Paul Fallot). *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica*, 34: 1-80. + 4 láminas. Madrid.
- Darder, B. 1925b. Los deslizamientos de tierras en Fornalutx (Isla de Mallorca). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 25: 142-146. +2 láminas. Madrid.

- Darder, B. 1927a. Compte rendue de l'excursion C-5 à la côte occidentale et dans la partie W de la plaine intérieure. XIV Congrès Geològic Internacional. Expedicions geològiques a les terres catalanes. Expedició C-5. Mallorca. *Ciència*, 19: 576-577. Barcelona.
- Darder, B. 1927b. Compte rendue de l'excursion C-5 à la chaîne de Levant. XIV Congrès Geològic Internacional. Expedicions geològiques a les terres catalanes. Expedició C-5. Mallorca. *Ciència*, 19: 577-579. Barcelona.
- Darder, B. 1927c. Compte rendu de l'excursion C-5 dans la partie E de la plaine intérieure. XIV Congrès Geològic Internacional. Expedicions geològiques a les terres catalanes. Expedició C-5. Mallorca. *Ciència*, 20: 693-704. Barcelona.
- Darder, B. 1928. La paleogeografía de la Mediterránea occidental, según las ideas de Émile Argand. *Ciència, Tip. Occitània*. 21: 3-13. Mallorca.
- Darder, B. 1929a. Mapa Geològico y bibliografía geológica de las Islas Baleares. *Géologie de la Méditerranée Occidentale*, 11. Paris.
- Darder, B. 1929b. Le relief et la tectonique de l'île de Majorque. *Géologie de la Méditerranée occidentale*, 1(2) : 93-99. + 7 làmines. Paris.
- Darder, B. 1930. Algunos fenómenos cársticos en la isla de Mallorca. *Ibérica*, 33(818):154-158. Barcelona.
- Darder, B. 1931a. Excursión C-5 dans la plaine intérieure partie occidentale. *Géologie des Pays Catalans. Géologie de la Méditerranée*, 1(1) : 197-199. (Reimpresión de *Ciència*, 19 de 1927). Barcelona.
- Darder, B. 1931b. Excursión C-5 dans la chaîne du Levant. *Géologie des Pays Catalans. Géologie de la Méditerranée*, 1(1) : 203-209. (Reimpresión de *Ciència*, 19 de 1927). Barcelona.
- Darder, B. 1931c. Excursión C-5 dans la plaine intérieure partie occidentale. *Géologie des Pays Catalans. Géologie de la Méditerranée*, 1(1) : 197-199. (Reimpresión de *Ciència*, 19 de 1927). Barcelona.
- Darder, B. 1931d. Excursión C-5 dans la plaine intérieure partie orientale. *Géologie des Pays Catalans. Géologie de la Méditerranée*, 1(1): 197-199. (Reimpresión de *Ciència*, 20 de 1927). Barcelona.
- Darder, B. 1932. Mapa Geològic de les Serres de Llevant de l'illa de Mallorca. Escala 1/50.000, Hoja nº:1 y 2. Exc. Diputació de Balears. Palma.
- Darder, B. 1933. La paleogeografía de la Mediterrània occidental segons les idees d'Émile Argand. *Géologie des Pays Catalans*. 2: 1-8. Barcelona. (Reproducción del artículo publicado en *Ciència*, 21 el año 1928).
- Darder, B. 1934a. Introducción: "Association pour l'étude géologique de la Méditerranée Occidentale". En: *Géologie des Pays Catalans. Iles Baléares.*, 2 (5), (J. Marcel, Ed.). Barcelona, 1-12.
- Darder, B. 1934b. Introducción: Tratado sobre la historia del conocimiento geológico de la Isla de Mallorca. En: *Géologie des Pays Catalans. Volumen II* (J. Marcel, Ed.). *Géologie de la Méditerranée Occidentale*, Barcelona.
- Darder, B. i Cincúnegui, M. 1927. XIV Congrès Geològic Internacional. Expedicions geològiques a les terres catalanes. Expedició C-5. Mallorca. *Ciència*, 19: 574-584. Barcelona.
- Darder, B. i Fallot, P. 1925. Observaciones geológicas en la región central de la isla de Mallorca. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 25: 480. Madrid.
- Darder, B. i Fallot, P. 1926a. Isla de Mallorca. Excursión C-5. XIV Congreso Geológico Internacional. Instituto Geológico de España, Gráficas Reunidas SA, Madrid. 125 p.
- Darder, B. i Fallot, P. 1926b. L'île de Majorque. Guide Géologique. C- del XIV Congreso Geológico Internacional, Instituto Geológico de España, Gráficas Reunidas SA, Madrid. 113 p. + 2 mapes + diverses seccions i gravats.
- Fallot, P. 1922. Étude géologique de la Sierra de Majorque. Thèse. Université du Nancy. Paris, 480 p.

- Fallot, P. 1926. Peut-on parler de science rabdique ou de rabdologie? Comptes Rendus des Séances du IV Congrès Psychique International. Paris.
- Fornós, J.J. 2008. *Bartomeu Darder i Pericàs, geòleg i mestre*. La Ciència a les Illes Balears, 6: 329 pp. Govern de les Illes Balears. Gràfiques Salas, Palma de Mallorca.
- Johnston, M.S. 1927. Geological Notes on Spain and Majorca during the recent International Geological Congress. *Proc. Liverpool Geol. Soc.* (part IV) 14: 242-340.
- Winkler, A. 1927. Morphologisch-geologische Beobachtungen auf Mallorca. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 11: 171-183. Leipzig.

# Pensando la evolución

Camilo José CELA CONDE

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Cela Conde, C.J. 2021. Pensando la evolución. In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 109-120. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

Es tentador pensar en la evolución como en algo que tiene lugar sin más, igual que los amaneceres y las puestas de sol día tras día. De forma natural y obvia. Pero si en los tiempos que corren es raro que haya quien piense en un ser sobrenatural para explicar la aparición de cada nueva mañana, no son pocas las personas que sostienen que todas las especies fueron creadas por Dios y se mantendrán así, sin cambio alguno, hasta el final de los tiempos. De hecho, la práctica totalidad de las personas ilustradas lo creían, siguiendo el modelo de la narración de la Biblia hasta que hace casi dos siglos, en 1859, el británico Charles Darwin abrió un nuevo camino hacia lo que son hoy las ciencias biológicas.

**Palabras clave:** *evolución, Charles Darwin, historia de la vida.*

THINKING EVOLUTION. It's tempting to think of evolution as just happening, just like sunrises and sunsets day after day. Naturally and obviously. But if in these times it is rare that there is someone who thinks of a supernatural being to explain the appearance of each new morning, there are many people who maintain that all species were created by God and will remain so, without any change, until the end of time. In fact, practically all the enlightened people believed it, following the model of the narrative of the Bible until almost two centuries ago, in 1859, the British Charles Darwin opened a new path towards what the biological sciences are today.

**Keywords:** *evolution, Charles Darwin, history of life.*

PENSANT EN L'EVOLUCIÓ. És temptador pensar en l'evolució com alguna cosa que té lloc sense més, igual que les albes i les postes de sol dia rere dia. De forma natural i òbvia. Però si en els temps que corren és estrany que hi hagi qui pensi en un ésser sobrenatural per explicar l'aparició de cada nou matí, no són poques les persones que sostenen que totes les espècies van ser creades per Déu i es mantindran així, sense cap canvi, fins al final dels temps. De fet, la pràctica totalitat de les persones il·lustrades ho creien, seguint el model de la narració de la Bíblia fins que fa gairebé dos segles, el 1859, el britànic Charles Darwin va obrir un nou camí cap al que són avui les ciències biològiques.

**Paraules clau:** *evolució, Charles Darwin, història de la vida.*

*Camilo José Cela Conde, Professor emérito. Universitat de les Illes Balears, Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears).*

## El árbol de la vida

Hijo y nieto de médicos, Charles Darwin se inscribió como estudiante de medicina en la Universidad de Edimburgo. Después de dos años, abandonó estos estudios y se trasladó a la Universidad de Cambridge con el fin de prepararse para ser clérigo. No fue un estudiante excepcional, pero tenía un interés por la historia natural que le llevó a enrolarse en 1831 en el barco de Su Majestad la Reina Victoria Beagle para dar la vuelta al mundo a lo largo de

cinco años, hasta 1836. En el transcurso de su viaje, Darwin fue topándose con indicios que componían una idea entonces blasfema: la de que las especies no eran inmutables y eternas.

En su Diario sobre el viaje del Beagle (*Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries Visited by H.M.S. Beagle*) publicado en 1839, Darwin habla de las Islas Galápagos con estas palabras: “Un mundo en sí mismo; la mayor parte de sus habitantes, tanto vegetales como animales, no se encuentran en ninguna otra parte”. Y en una carta enviada en 1844, Darwin le dice al botánico Joseph Dalton Hooker:

“Me impresionó tanto la distribución de los organismos en las Galápagos (...) que decidí coleccionar a ciegas cualquier tipo de hecho que tuviera que ver con lo que son las especies (...) Al final han surgido destellos de luz y estoy casi convencido (muy al contrario de la opinión con la que empecé) de que las especies no son (es como confesar un asesinato) inmutables (...). Creo que he descubierto (¡esto es presunción!) la simple forma mediante la cual las distintas especies devienen exquisitamente adaptadas a varios fines.”

La explicación acerca de cómo se transforman los seres vivos para adaptarse a un entorno también cambiante apareció, como hemos dicho, en 1859. Se trata de *The Origin of Species* (El origen de las especies), un tratado en el que Darwin expone la teoría de la evolución que incluye la selección natural, el mecanismo que hace que, entre organismos de la misma especie que cuentan con rasgos distintos, tenga éxito adaptativo aquél cuyos rasgos mejor se ajustan a las condiciones del medio ambiente.

En los años siguientes Darwin publicó muchos otros libros; entre ellos *El origen del hombre y la selección en relación al sexo* (1871), que extiende la teoría de la selección natural a la evolución humana.

¿Linaje filogenético? ¿Qué es eso? Algo bien simple: la filogénesis es el proceso de la evolución de los seres vivos. Y un linaje es la sucesión de individuos que va evolucionando a lo largo de una línea continua, ininterrumpida, separándose de los otros organismos con los que en tiempos anteriores compartían la manera de ser. Sucede como si los diferentes linajes fueran ramas del árbol de la vida que se separan del tronco común.

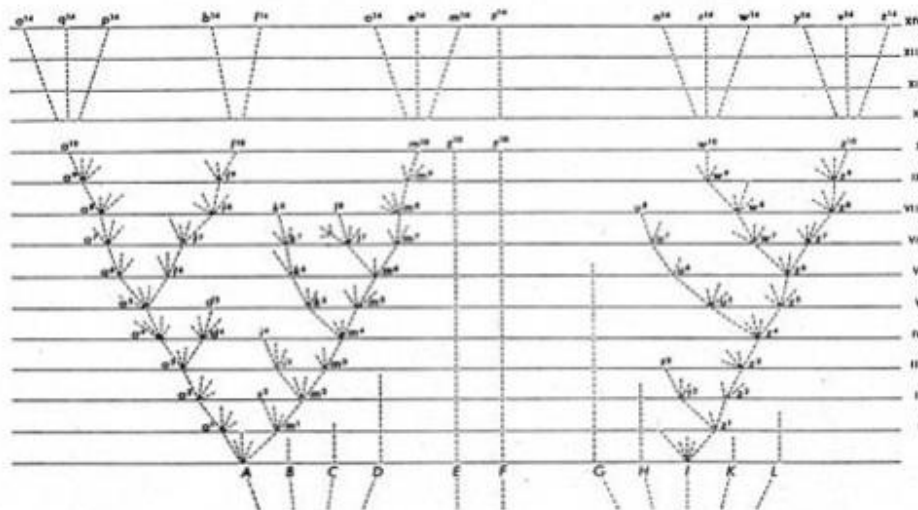
El *Origin of Species* sólo contiene una ilustración. Aparece en la Fig. 1 e indica de manera bien gráfica lo que es un linaje dentro del árbol de la vida.

Adaptarse es desarrollar nuevas características que, por el momento, podemos considerar físicas, corpóreas. Si un grupo de organismos que forma parte de un determinado linaje las obtiene, ya veremos cómo, estará tal vez en condiciones de aprovechar mejor los recursos del medio ambiente en el que vive y, de ser esos nuevos rasgos lo bastante eficaces —y exclusivos—, harán aparecer una rama nueva del árbol de la vida. Las alas permiten volar a las aves. Las branquias, respirar a los peces bajo el agua. Pues bien, ¿cuáles fueron las características que hicieron surgir el linaje humano?

### **Levántate y anda**

Para acercarnos a los orígenes evolutivos de la humanidad hay que trasladarse a un lugar muy preciso; África. Al Rift, esa sucesión de valles formados por el movimiento de





**Fig. 1.** La evolución de los linajes a partir de antepasados comunes. Ilustración original de Darwin en el *Origin of Species* (1829).

**Fig. 1.** La evolución de los linajes a partir de antepasados comunes. Ilustración original de Darwin en el *Origin of Species* (1829).

los continentes que formaron una frontera entre las selvas del África central y la parte más árida, al levante, ya bajo la influencia climática del mar Indico.

No sólo hay que viajar en el espacio; también tenemos que hacerlo en el tiempo. Imaginemos, pues, que nos encontramos en el Oriente africano hace cerca de siete millones de años (m.a.); el paisaje no es el de las sabanas abiertas de hoy en Kenia y Tanzania, ni tampoco el de los desiertos de Etiopía. El bosque tropical cubre aún extensiones muy amplias de terreno y da cobijo a numerosas especies de primates (el conjunto actual de los monos, simios y humanos). Nuestros antepasados de entonces viven en los bosques, bien adaptados al hábitat arbóreo gracias a su condición de trepadores. Como todos los primates, son curiosos. Como todos ellos, oportunistas.

Hace mucho tiempo pues, el que nos impone nuestro viaje imaginario, aquellos ancestros lejanos de los humanos de hoy fueron capaces de explorar las posibilidades del suelo de los bosques del Rift. Los chimpancés y los gorilas actuales son seres que aprovechan el suelo del bosque tropical; sus antepasados de entonces lo harían también, con bastante certeza. Pero el ser del que hablamos, ese primate curioso de hace siete m.a. del que procedemos, se distinguía de ellos por la manera como se desplazaba por el suelo. En lugar de caminar a cuatro manos, apoyando la planta de los pies y los nudillos de las manos, utilizaba sólo las extremidades inferiores. Como hizo el Lázaro de las Sagradas Escrituras haciendo caso al mandato de Cristo: levántate y anda.

Gracias a andar sobre las extremidades posteriores apareció el linaje humano. Buscábamos sus rasgos originarios y ya tenemos uno: la bipedia. En los siete millones de años siguientes todos los humanos nos hemos mantenido bípedos.

Cualquier rasgo así, compartido por todos los miembros de un linaje, recibe el nombre de “sinapomórfico” y es, en cierto modo, como el carnet de identidad: el carácter que los distingue. Se clasifica, pues, como hominino todo primate bípedo. Hagamos un paréntesis técnico: “hominino” es el nombre que recibe el linaje humano, porque todos sus miembros pertenecen —pertenecemos— a la Tribu Hominini. La rama común del árbol de la vida de la que procedemos la compartimos con los chimpancés. Éstos, a su vez, evolucionaron pero de una manera distinta y forman la Tribu Panini. Siguen siendo cuadrúpedos o, mejor dicho, cuadrúmanos.

Los seres humanos actuales, *Homo sapiens*, somos los únicos homininos vivos. Todos los demás homininos son fósiles de primates que hemos ido comprobando que eran bípedos.

Los primeros pasos de los homininos no nos impresionarían a ninguno de nosotros. Eran a buen seguro un tanto torpes, de un equilibrio precario. Porque los seres que se irguieron hace siete millones de años en el suelo del bosque tropical arrastraban todavía muchas de las características compartidas con los chimpancés y gorilas de entonces. Esos rasgos que toda especie conserva de las que le precedieron se denominan de forma técnica “primitivos” para distinguirlos de los rasgos nuevos, los “derivados”, que aparecen en el proceso de la evolución por selección natural. Para imaginar cómo fue la combinación de rasgos primitivos y derivados que permitió a los primeros homininos volverse bípedos, podemos observar a los simios. Un chimpancé es capaz de caminar erguido, desde luego, pero lo hace con la inseguridad que impone a los pasos la estructura de sus caderas, piernas y pies. Los homininos bípedos mejorarían esa torpeza poco a poco.

El ser capaz de levantarse para caminar de forma bípeda sufrió algunas transformaciones que le permitieron caminar con más soltura al precio de trepar peor. Lo razonable y lo más probable sería que se hubiese extinguido sin más. Pero sobrevivió. Por alguna razón que no conocemos bien, esa manera de desplazarse le dotó de ciertas ventajas a la hora de disputar los recursos del medio a sus competidores.

No sabemos cómo era el ser que anticipó a Lázaro en cerca de setenta mil siglos. Aún no hemos encontrado sus restos fósiles; los de los primeros homininos que conocemos hablaremos en el capítulo cuarto. Pero este libro quiere atender las claves que aparecieron entonces y dieron lugar con el paso de mucho tiempo a seres tan complejos como nosotros mismos. Pongámonos ya manos a la obra. El viaje promete ser largo. Será un viaje, no obstante, cuyo final se conoce: nos basta con mirarnos a nosotros mismos.

### **¿Qué es un ser humano?**

Ya lo hemos dicho: pertenecer al linaje humano consiste en ser bípedo. De momento, poco cabe decir de los primeros homininos además de constatar que lo eran. Pero ¿en qué medida habrían sido, además, humanos tal y como los entendemos hoy? Y si no lo eran aún, ¿cuándo habría nacido la humanidad “auténtica” en la que nos consideramos incluidos nosotros?

El viaje que queremos describir es el que nos lleva a entender por qué somos como somos hoy. Ni que decir tiene que para poder averiguarlo es preciso estar seguros, sin más que mirarnos, de por qué somos humanos.

Si se nos preguntase en qué nos distinguimos de los demás primates vivientes, no nos plantearíamos desde luego la forma como andamos. Es probable que, siguiendo a

Aristóteles, dijésemos que somos animales racionales, dotados de unas características mentales insólitas. Sabemos de ellas porque disponemos de la capacidad de retrospección y podemos, además, observar a nuestros congéneres.

¿Qué más? Bueno; desde luego, infinidad de cosas. Tenemos teatros, cines, óperas, conciertos, librerías, catedrales, aviones, automóviles, trenes, museos, universidades... ¿Hace falta seguir? Nada de eso está en manos, ni por asomo, de ningún otro animal. Pero, ¡un momento!, han existido en tiempos históricos y siguen existiendo hoy grupos de seres sin duda humanos que no cuentan con nada de lo indicado.

¿En qué consiste, pues, la condición de humanidad?

Volvamos a Darwin; cuando se habla de evolución es siempre una buena idea hacerlo. En un manuscrito de 1838, dentro del conocido como Notebook C, anota Darwin lo siguiente:

“Es un Mamífero, no es una divinidad, posee algunos de los mismos instintos generales, y sentimientos morales que los animales, pero el Hombre tiene poderes de raciocinio en exceso. En vez de instintos definidos, es decir, un reemplazamiento de la maquinaria mental—tan análogo a lo que se ve en el cuerpo que... no me sorprende”

La maquinaria mental. Ésa es la diferencia humana más pertinente. Ahora se entiende mejor: no es cuestión de tener teatros de la ópera sino de cantar por placer. No hacen falta iglesias para creer en Dios. No son necesarias las bibliotecas para contarle a tu pareja con palabras hermosas lo que es el atardecer. Con la maquinaria mental adecuada basta para ser humano.

Lo malo de dar por seguro que es así consiste en lo elusiva que es la mente. No puede verse. La maquinaria mental la deducimos, en realidad, de sus logros, de sus actos. Tenemos que explicar, pues, qué rasgos mentales son los que nos separan de los animales a todos los humanos; no sólo a los que pertenecemos a civilizaciones avanzadas.

### **La maquinaria mental humana**

Supone pocos esfuerzos el concluir que nuestra forma de pensar incluye la autoconsciencia. El francés René Descartes construyó su sistema filosófico a partir de una afirmación axiomática que consideraba evidente en sí misma: pienso, luego existo. No necesitó añadir nada para justificar el punto de partida, algo tan indiscutible como el que sé que pienso.

¿Hay más? Sí, por supuesto. Descartes no sólo pensaba sino que fue capaz de decírnoslo. Lo hizo por escrito pero eso es secundario; han sido muchos los personajes históricos, desde Sócrates a Jesucristo, que no nos dejaron ningún libro ni les hizo falta hacerlo para convertirse en figuras muy influyentes de la humanidad.

Lo importante es el lenguaje, es decir, la principal manera humana de comunicación. Las ballenas se comunican por medio de sonidos transmitidos a través del mar, los primates lo hacen por medio de gestos, los pájaros cantando y las mariposas y hormigas a través de señales químicas. La eficacia de estas señales es en muchos casos extraordinaria si la medimos por medio de la escala humana. Las tortugas de mar hembras emiten señales químicas a través del agua que son percibidas por los machos a muchos kilómetros de distancia. Igual sucede con los afrodisíacos lanzados al aire por las mariposas africanas del género *Papilio*: son recibidos por las antenas de machos situados muy lejos, que siguen la dirección de las moléculas para encontrar a las hembras.

Esas señales de comunicación entre individuos de la misma especie son a veces interceptadas por parásitos o depredadores y, así, un ejemplo curioso —pero no atípico— es el de la mariposa *Pieris brassicae* y su parásito, la avispa minúscula *Trichogramma brassicae*. Los machos de la mariposa pasan a las hembras durante su apareo un antiafrodisiaco que las hace menos atractivas a otros machos. Pero no son sólo éstos los que perciben la señal; también lo hacen ciertas pequeñas avispas que se suben a la mariposa fecundada y viajan con ella hasta allí donde pone sus huevos. Éstos son parasitados entonces por los huevos de la avispa.

Los medios de comunicación animal no se reducen a las señales químicas. En ocasiones son tan complejos y simbólicos como los de las abejas de miel, que usan para comunicarse el movimiento, la llamada “danza de las abejas”: unos movimientos rápidos repetidos en figura de ocho alargado que hace una abeja frente a su colmena para comunicar la distancia, dirección y abundancia de las flores y el néctar que ha descubierto durante su vuelo.

Sin embargo, ningún animal dispone de nuestra forma especial de transmitir informaciones mediante un mecanismo de comunicación que construye palabras y frases. Se trata de un rasgo único de la mente humana, de una capacidad inmensa que nadie como Noam Chomsky ha puesto de manifiesto mejor indicando la doble articulación de nuestro lenguaje. Mediante la primera articulación, a partir de muy pocos fonemas, construimos palabras con muchos significados. A través de la segunda articulación, combinando palabras, conseguimos frases que pueden extender su capacidad comunicativa todo lo que sea necesario. Se trata de lo que Chomsky llama “lenguaje creador”: la aptitud para enunciar expresiones nuevas, infinitas de manera casi textual.

Pongamos un ejemplo, por absurdo que sea. Es casi seguro que nadie ha pronunciado jamás antes la frase siguiente: “Los cocodrilos que viajaron a Marte llevaban en sus mochilas, pintados de amarillo, los primeros veinte volúmenes de la Enciclopedia Británica”. Por surrealista que nos pueda parecer, cualquiera que hable castellano la entiende y comprende de inmediato que puede cambiar su sentido sin más que sustituir una sola palabra como “Marte” por “Tanzania”, “cocodrilos” por “astronautas” o “mochila” por “estómago”. La simbología de la frase queda por completo alterada sólo con cambiar uno de sus componentes. Lo mismo sucede con las palabras que, al sustituir un fonema, cambian de significado: “rojo” frente a “cojo” o “mesa” frente a “pesa”, por ejemplo.

Mediante sus componentes creativos, el lenguaje abre una puerta hacia el simbolismo, la estética y el arte. La relación entre todos esos elementos tan característicos de la forma de ser humana irá siendo examinada a lo largo de los siguientes capítulos. Pero caben ya pocas dudas acerca de que el lenguaje simbólico y creador de nuestra especie es uno de sus atributos más distintivos. Se deriva, como otros rasgos muy humanos, de nuestras capacidades cognitivas. A las demás formas de comunicación presentes en algunos animales se les podría llamar también “lenguaje” porque sirven para el propósito adaptativo de comunicar información. Más aún, se trata a veces —como en el caso de las abejas— de una comunicación simbólica igual que en el caso del lenguaje humano. Pero sólo nosotros contamos con un lenguaje creador. ¿Por qué? Siguiendo a Chomsky, encontramos una pista: la relación entre signos y significado está determinada en gran parte, o incluso en su totalidad, por los genes.

### **La cultura sólo es humana. ¿O no?**

Como ya hemos indicado, existen muchos atributos humanos que caracterizan a nuestra especie. Están la tecnología, cuyos inicios pueden llevarse hasta los útiles primitivos producidos por nuestros antepasados de hace algo más de dos m.a.; las artes plásticas, la música y la literatura; la ciencia y la filosofía; los medios de comunicación que, en las sociedades avanzadas, alcanzan hitos como la prensa, la radio, la televisión y el cine; la moralidad y la religión; la organización y cooperación social; las instituciones políticas, los códigos de leyes y muchos otros comportamientos distintivos de la humanidad. No obstante, entre la condición biológica y esos otros atributos existe una diferencia sensible: la de la forma como se transmiten a las generaciones siguientes. Estamos hablando de dos mecanismos de herencia: la biológica y la cultural.

¿Cabría sostener que, si el primer tipo de herencia es propio de multitud de seres vivos el segundo, la herencia cultural es sólo humana? Una vez más, son necesarias las matizaciones.

Algunos logros de los que consideramos culturales se encuentran en otros animales, ya sean primates o no. Lo hemos visto ya respecto de las capacidades de comunicación pero la lista no acaba con ellas. A partir de las primeras evidencias ofrecidas por Jane Goodall y Jordi Sabater Pi se acepta de forma general que los chimpancés disponen de prácticas tecnológicas a las que cabe llamar culturales porque son parecidas a las nuestras. Por ejemplo, no sólo usan palos y piedras como utensilios; a veces incluso quitan las hojas de una rama para poder introducirla mejor en un termitero y poder sacar las termitas que se agarran a ella.

Distintos autores han documentado la existencia de tradiciones culturales diversas que incluyen hasta 39 pautas diferentes de conducta relacionada con el uso de herramientas por los chimpancés. Algunas de esas pautas incluyen el uso de distintos útiles en forma secuencial, como sucede con los chimpancés de Loango (Gabón) en tareas de recolección de miel, e incluso se ha apuntado que los chimpancés también son capaces de tener en cuenta usos futuros de los útiles, cosa que implica una cierta planificación. Y la misma existencia de las tradiciones de fabricación y uso de útiles que son propias de los chimpancés pone de manifiesto que esos primates son capaces de transmitir las pautas culturales a las siguientes generaciones. Sin embargo, la transmisión cultural humana es por completo diferente tanto en términos cuantitativos como cualitativos; más aun tomando en cuenta la velocidad del cambio. Si las primeras culturas humanas duraron millones de años sin apenas modificaciones, la aceleración cultural es una constante en nuestra especie. ¿Será necesario recordar la manera como se ha precipitado el uso de técnicas computacionales y la globalización de Internet en muy pocas décadas?

Pero hay más. En el próximo capítulo veremos de qué forma el bagaje genético es la clave tanto de la pertenencia a una determinada especie como de la transmisión de las características de los individuos a la generación siguiente. Por supuesto, la transferencia de conocimientos y habilidades tecnológicas a los descendientes, la herencia cultural, es algo de otra índole: Sin embargo, herencia biológica y herencia cultural guardan en la especie humana una relación parecida a la que existe entre las dos vertientes de una cordillera. Éstas pueden ser muy diferentes en topografía, e incluso en flora y fauna, pero están mutuamente relacionadas de múltiples maneras y conducen a las mismas cimas. De manera análoga, la evolución biológica y la cultural dependen una de la otra. La cultura sólo puede

existir sobre una base biológica apropiada y depende por completo de la naturaleza y las cualidades de tal sustrato de origen genético. Al mismo tiempo, la cultura extiende sobremanera el poder adaptativo de la naturaleza biológica y constituye la fuente más importante de los cambios ambientales que intervienen en la actualidad sobre nuestra evolución.

Ha habido intentos de unir de forma estrecha los mecanismos de la herencia genética y la herencia cultural. Richard Dawkins llamó “memes” (como término paralelo a “genes”) a los componentes que existen en las mentes de los humanos de la cultura en el sentido amplio. Al igual que los genes, sostiene Dawkins, los memes también se heredan y evolucionan. El éxito de esa propuesta terminológica ha sido grande, y el concepto de “meme” puede jugar un papel importante en las discusiones sobre la cultura. Pero es preciso entender las diferencias radicales que existen entre los memes y los genes. Los primeros no son entidades discretas ni pueden transmitirse de manera fiel entre los individuos. Las ideas, los hábitos, las creencias y demás elementos “meméticos” no están estrictamente definidos en la mente de cada individuo ni se transmiten con precisión de uno a otro.

Tanto Dawkins como otros autores al estilo de Peter Richerson y Robert Boyd creen que la cultura incluye sólo los componentes mentales de los individuos y no sus productos públicos, sosteniendo que éstos no existen al margen de los primeros. Sin embargo, hace tiempo que el gran filósofo de la ciencia Karl Popper argumentó de forma convincente en sentido contrario. Según Popper, la realidad contiene tres componentes que se pueden llamar Mundo 1, Mundo 2 y Mundo 3. El Mundo 1 está formado por las realidades físicas como son los continentes, las plantas, los planetas y las estrellas y nuestro propio cuerpo y cerebro. El Mundo 2 lo forman las realidades mentales, tales como las ideas, hábitos y creencias anteriormente mencionados (los memes de Dawkins). El Mundo 3 coincide con los productos públicos de la mente y actividad humana tales como las ideas expresadas en los escritos científicos o literarios, en la música y el arte, en la arquitectura y la ingeniería, etcétera.

Para demostrar la independencia de los mundos 2 y 3 Popper recurrió a un experimento mental. Supongamos que la humanidad actual desaparece sin dejar descendientes; el Mundo 2 habría desaparecido con ella pero no así el Mundo 3. Unos eventuales visitantes de otros planetas podrían descubrir las ideas expresadas en escritos o reflejadas en las obras de arte y la tecnología. Quizá no lo lograsen en la medida completa en que nosotros podemos entender esos códigos pero qué duda cabe de que ese Mundo 3 no es reducible al Mundo 2. Las ruinas de Teotihuacán, al norte de la Ciudad de Méjico, contienen unos códigos que no hemos sabido descifrar correspondientes a la civilización responsable del levantamiento de la ciudad. Pues bien, aun en espera de un equivalente de la piedra de Rosetta de Teotihuacán, sabemos que allí figura un mensaje procedente de un pensamiento humano aunque las personas que albergaban ese pensamiento ya no existen.

### **La conducta altruista**

Lenguaje, cultura. ¿Hay más rasgos que caractericen nuestra forma de ser humana?

Sí; el uso de códigos morales parece otra de las características distintivas de nuestra especie. Pero una vez más cabe relativizar esa capacidad: no somos en absoluto los únicos

seres que auxiliamos a los demás. Con el añadido de que un fenómeno así es difícil de explicar, por otra parte, desde la perspectiva biológica.

Las explicaciones evolutivas acerca de las conductas denominadas “altruistas” (se considera como tal, desde el punto de vista técnico, la conducta de todo individuo que invierte recursos propios en favor de las posibilidades adaptativas de otro) tropezaron muy pronto, ya en el *Origin of Species* de Darwin, con ciertas dificultades. Como se sabe, la teoría de la selección natural propuesta por Darwin establece que ese mecanismo selectivo maximiza la aptitud individual; lo seleccionado es, pues, aquello que obra en favor del beneficio propio del individuo. Eso quiere decir que si imaginamos que existen dos supuestos genes que controlan una cierta conducta (aunque el modelo sea un tanto utópico enunciado de una manera tan simple), un gen E cuya posesión anima a usar los recursos sólo en beneficio propio y otro A que permite, por contra, la conducta altruista, la teoría darwiniana predice que será el primero el seleccionado. Pero a pesar de esa convicción, algunos seres (entre los que podemos encontrar hormigas, roedores y humanos) llevan a cabo cierto tipo de actos, denominados “altruistas” que disminuyen la aptitud de quien actúa y lo hacen en favor, por lo general, de la aptitud de un pariente.

Con la intención de explicar esos actos paradójicos, la ciencia creada por Edward Wilson a la que llamó Sociobiología acuñó el concepto de “aptitud inclusiva” (establecido por William Hamilton) desarrollando alrededor de él un modelo de comportamiento, la “selección de parentesco” que permite aplicar los principios de la selección natural más allá del beneficio del individuo.

La selección de parentesco fue capaz de explicar algo que, para Darwin, era un misterio: por qué ciertos insectos como las abejas, las avispas, las hormigas y las termitas construyen sociedades en las que se presta un cuidado altruista extremo a las crías. La explicación técnica de la selección de parentesco escapa a la brevedad que nos hemos exigido aquí pero tiene que ver con la particular condición genética de esos insectos (las hembras tienen dos conjuntos de cromosomas, como nosotros, pero los machos sólo uno). Es mediante los genes compartidos de esa forma tan peculiar como se extiende la conducta altruista.

Si damos por supuesto que la selección de parentesco puede explicar con elegancia el comportamiento altruista de las hormigas y las ratas, ¿nos será útil también para justificar el altruismo humano? Dicho en otras palabras: ¿nos estamos refiriendo al mismo fenómeno cuando hablamos de “altruismo”, tanto en las hormigas como en los seres humanos?

La relación entre el “altruismo moral” (el humano) y el “altruismo biológico” (el animal) parece ser demasiado compleja como para responder a la pregunta anterior de forma simple. No pocos autores han abordado el problema mostrando las numerosas dificultades que encontraremos siempre que estemos dispuestos a transferir al campo del ser humano unos modelos y unas teorías establecidos para la interpretación del comportamiento de los insectos sociales. Pero, aun aceptando que tales dificultades existen, no podemos estar de acuerdo en absoluto con quienes afirman que el altruismo biológico no tiene nada que ver con el altruismo moral. La conducta humana para la que reservamos el término de “altruismo moral” está fijada también por selección natural, así que obedece por completo, como punto de partida al menos, a la definición del “altruismo biológico” que dábamos antes. Los humanos, por medio del comportamiento moral,



disminuyen sus recursos en favor de otros. El altruismo moral es, por tanto, un tipo especial de altruismo biológico. Lo mismo podría decirse del “altruismo social”, si denominamos así al de los insectos que hemos mencionado, todos ellos del orden Hymenoptera. De hecho, la selección natural ha fijado al menos cuatro veces comportamientos altruistas extremos —la llamada “conducta eusocial”—: en los himenópteros (hormigas, avispas, abejas, termitas), las gambas parasitarias de las anémonas de los mares coralinos (*Synalpheus regalis*), las ratas—topo desnudas (*Heterocephalus glaber*) y los primates (con los humanos como mejor ejemplo). La verdadera cuestión que se plantea es, por tanto, si esos casos especiales de altruismo biológico permiten extrapolar las conclusiones obtenidas del examen de uno de ellos a los demás.

Cualquier esquema evolutivo en el que se muestren los distintos linajes que poseen conductas eusociales deja claro que ese comportamiento se ha fijado por separado hasta cuatro veces distintas en la historia evolutiva de los animales pluricelulares.

No hay ningún antecesor común de las especies de comportamiento altruista extremo que lo haya incorporado al linaje formando un rasgo primitivo, heredado por todas ellas. El carácter es, pues, un rasgo que coincide sólo por razones de convergencia adaptativa —conocido en la jerga técnica como “homoplasia” careciendo por tanto de cualquier significación evolutiva: apareció cuatro veces de forma independiente en la evolución, como podría haber aparecido en más o menos ocasiones. Siendo así, las evidencias que obtengamos del comportamiento de uno cualquiera de esos linajes eusociales no puede extrapolarse a ningún otro. El éxito científico que supuso explicar cómo pudo tener lugar la evolución del comportamiento social en abejas y hormigas no permite sacar demasiadas conclusiones respecto de los humanos. Algo que había advertido ya el psicólogo Donald Campbell al referirse a las “dos distintas vías hacia la ultrasocialidad”. Pues bien, no hay dos: al menos hay cuatro.

### **La selección de grupo: dimensión colectiva de la humanidad**

Que los humanos mantenemos conductas altruistas y egoístas está fuera de toda duda. Pero ¿contamos además con algún tipo de altruismo biológico similar al de otros animales ultrasociales? En cierto modo sí: parece indudable que los progenitores aceptan sacrificios extremos por el bien de los hijos. Pero los desvíos culturales de esa conducta simple pueden introducir complejidades de gran calibre. Si tenemos en cuenta que incluso entre los insectos sociales, en la avispa *Polistes dominulus* por ser precisos, se dan conductas altruistas entre individuos sin parentesco directo, de poco serviría reducir a un comportamiento simple, controlado por unos cuantos genes, el altruismo humano.

Elliot Sober y David S. Wilson han mostrado de forma convincente en un libro, *Unto Others*, publicado en 1998 cómo el universo de la ética humana se explica bien a través de un modelo especial, el de la “selección de grupo”, un tanto desacreditado a la hora de explicar el altruismo biológico. La idea de la selección de grupo fue utilizada ya por Darwin cuando, siendo incapaz de dar una explicación al comportamiento ultrasocial de los insectos himenópteros, habló de las ventajas adaptativas que tendría un grupo de cooperadores frente a otro de individuos egoístas.

Esa idea de sentido común tropieza, no obstante, con los presupuestos del mecanismo de la selección natural que, en el planteamiento original darwiniano, atienden a la adaptación individual de cada organismo. Supongamos que es cierto que un grupo de

altruistas es capaz de adaptarse de manera colectiva sacando ventajas de la explotación del medio como puedan ser, por ejemplo, la ayuda a los que se encuentran enfermos o la protección mutua frente a los predadores. Aplicando esquemas procedentes de la teoría matemática de juegos, John Maynard Smith demostró en 1976 que la estrategia adaptativa de un grupo así no es evolutivamente estable. La aparición —mediante mutaciones genéticas, recombinación, inmigración o de la forma que sea— de un gen egoísta dotaría a su poseedor de grandes ventajas selectivas: el individuo portante de tal gen recibiría ayuda de los demás miembros del grupo, colaboradores, sin tener que ceder él por su parte nada a cambio. Si hacemos descansar en un determinado gen la conducta altruista o egoísta, los genes “egoístas” terminarían por diseminarse en el interior del grupo haciendo desaparecer su carácter cooperador.

Pero un grupo de altruistas puede evitar los inconvenientes de la presencia de un egoísta apuntados por Maynard Smith si éste, el grupo cooperante, cuenta con mecanismos capaces de detectar y aislar a todo eventual egoísta que pueda presentarse. Pero para eso los integrantes del grupo deben disponer de mecanismos cognitivos de cierta altura. Sober y Wilson pusieron de manifiesto la dificultad de dar por bueno cualquier modelo de selección grupal en términos lo bastante explicativos, salvo que seamos capaces de dilucidar el alcance y el contenido de tales procesos psicológicos. Una tarea un tanto desesperada si tenemos que aplicarla, en busca de la filogénesis de la moral, a especies ya desaparecidas.

Otra cosa es que el examen de las características históricas y actuales de la humanidad nos indique algo del todo evidente: la evolución de grupo juega un papel importante en la organización jerárquica de neutras sociedades, desde las tribus más primitivas hasta las estructuras políticas de países modernos. La consideración del bienestar común por encima de los intereses egoístas de cada individuo está implícita en las normas éticas aceptadas por los seres humanos, tanto si se encuentran además fundamentadas en las creencias religiosas como si no. Las leyes proclamadas por los gobiernos están igualmente fundamentadas, al menos en teoría y de hecho en la mayor parte de los casos, en los intereses del bien común aun cuando impongan restricciones a la conducta individual. Los preceptos que protegen la propiedad privada o la conservación de los recursos naturales y los que establecen obligaciones personales o cargas económicas, como es el caso del servicio militar —allí donde existe— o los impuestos, son buenos ejemplos.

Como indicaba Darwin, la selección natural entre los grupos promueve a su vez las condiciones que favorecen la cooperación porque las tribus o grupos que manifiestan esas formas avanzadas de comportamiento tienen ventajas sobre los demás. Los grupos con menos éxito o bien desaparecen o adquieren las virtudes de los grupos más ventajosos imitándolos. “Una tribu que incluyera muchos miembros que, debido a su alto grado de espíritu de patriotismo, fidelidad, obediencia, coraje y simpatía, estuvieran siempre dispuestos a ayudarse unos a otros y a sacrificarse por el bien común, saldría victoriosa sobre la mayoría de otras tribus; lo cual se trataría de selección natural” la cita procede del libro de Charles Darwin *Descent of Man*.

Los estudios etnográficos y antropológicos de tribus primitivas han demostrado con frecuencia durante el último siglo esa predicción de Darwin. La competición entre grupos es común en sociedades de escala pequeña. Por ejemplo, Joseph Soltis y sus colaboradores han descubierto en cinco regiones montañosas de Nueva Guinea que la extinción de tribus es un fenómeno muy común. En promedio, cerca del 20 por ciento de las tribus desaparece

cada veinticinco años. La razón se debe a veces a las guerras, los saqueos y la toma de esclavos. Pero a menudo no es la muerte de los individuos la que lleva a la desaparición de las tribus, sino el hecho de que sus miembros se incorporan a otras tribus que tienen más éxito. En cualquier caso, la tasa de extinción y remplazamiento de tribus observada en Nueva Guinea implica que las costumbres e innovaciones aparecidas en una tribu de éxito se extienden a todas las tribus de la región en un periodo que alcanza entre quinientos y mil años, es decir, entre veinte y cuarenta generaciones. La selección cultural de grupo es, así, un proceso relativamente lento dentro de los cambios sociales importantes que se manifiestan en los registros históricos y arqueológicos.

### **Del hoy al ayer**

Hemos ido espigando algunos de los rasgos que nos hacen humanos. En todos ellos aparecen algunas semejanzas con los demás animales; en todos, además, diferencias importantes que justifican el considerar esos rasgos la clave de nuestra humanidad.

Respecto de tales rasgos, las evidencias más fáciles de encontrar, las que proceden de los logros materiales, las hemos ido reduciendo a su procedencia mental. Es la maquinaria mental humana la que cuenta al cabo. Con la mala noticia de que la neurociencia cognitiva, la rama del saber que se ocupa de nuestra mente, acaba como quien dice de nacer. Apenas comenzamos a esbozar la relación que existe entre mente y cerebro.

Pero a pesar de las lagunas que existen en el conocimiento de las capacidades cognitivas de los seres humanos, cabe plantearse la cuestión de cómo llegó a ser nuestra especie como es. Es ése el objetivo esencial de este libro, con numerosas dudas pendientes.

¿Quiénes fueron los primeros seres del linaje de los homínidos que adoptaron la postura bípeda? ¿A qué alternativas en cuanto a la evolución condujo ese primer paso? ¿Quiénes, cuando y cómo tallaron las primeras herramientas? ¿Qué lograron hacer gracias a las técnicas descubiertas? ¿De qué forma fueron evolucionando los logros culturales de nuestros ancestros? ¿Cuándo surgieron las primeras manifestaciones de la mente simbólica? ¿Dónde, cuándo y cómo apareció nuestra especie actual? ¿Hemos evolucionado desde que surgió el *Homo sapiens*? ¿Lo haremos en adelante?

Las preguntas son muchas. Las respuestas, no tantas. Pero es hora ya de comenzar a examinarlas.

# A Survey of Mediterranean Shoreline Change Data Infrastructure, Availability and Nature

Lluís GÓMEZ-PUJOL, Joan VALLESPÍR, David MARCH and Joaquín TINTORÉ

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Gómez-Pujol, L., Vallespir, J., March, D. and Tintoré, J. 2021. A Survey of Mediterranean Shoreline Change Data Infrastructure, Availability and Nature. *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). *La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 121-137. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

This paper summaries finding from a survey of Mediterranean Shoreline Change Data Infrastructure (study sites, time extents, projects, programs, data assembly points, etc.) conducted in the framework of the Medsea\_Checkpoint project on behalf of EMODnet and the European Union Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries. The main goal of the project was to identify available data on sediment mass balance at the coast at regional scale. An intensive focused research was undertaken to identify possible data sources. This research developed a dual approach: Firstly, an extensive European and research projects spatial database survey and, secondly, a scientific literature survey from scientific databases. The results from both approaches were integrated in a GIS environment and the assessment concludes: (a) contrarily to sea level or sea surface oceanography variable, there is a lack of valid data on sediment mass-balance or shoreline change (erosion-accretion) along the Mediterranean at basin level. (b) Despite there are different datasets originated from national agencies, observation systems or research projects there is a lack of comparable methods, uniform time-extent and proper spatial coverage along all the Mediterranean shores. Therefore, against Global Change Issues, and Spatial Marine Planning or Integrated Coastal Management issues, there is a need to evaluate the existing best practices related to shoreline change, in order to develop homogenous and reliable datasets that would have to use comparable and spatial temporal scales, as it is accounting for other oceanographic thematic issues such as sea level, sea temperature or fisheries among others.

**Keywords:** *shoreline change, sediment budget, spatial data infrastructure, Mediterranean basin.*

ANÀLISI DE LA INFRAESTRUCTURA DE DADES DE LA VARIABILITAT DE LA LÍNIA DE COSTA DE LA MEDITERRÀNIA, DISPONIBILITAT I NATURALESA. El present treball resumeix els resultats de l'avaluació de la infraestructura de dades a propòsit de la variabilitat de la línia de costa a la conca Mediterrània (localitats d'estudi, abast temporal, projectes, programes, centres de compilació de dades, etc.) desenvolupada en el mar del projecte MEDsea\_Checkpoint d'EMODnet i de la Direcció General d'Afers Marins i Pesqueries de la Unió Europea. L'objectiu del projecte fou el d'identificar les dades disponibles de balanços sedimentaris de la costa a escala regional pel que es procedí primer a explorar les fonts a l'ús de dades espacials de la Unió Europea, els productes d'alguns projectes de recerca europeus, així com un intens buidatge bibliogràfic. La informació resultant fou integrada a un Sistema d'Informació Geogràfica i de la seva anàlisi es desprèn: (a) a diferència d'altres variables d'interès oceanogràfic i costaner hi ha un buit important d'informació relativa al balanç sedimentari de les costes i la seva tendència (erosió-acreació) a nivell de conca Mediterrània; (b) tot i l'existència de diferents bases de dades o d'informació disponible existeixen diferències notables

en quant als mètodes, la continuïtat de les sèries temporals, l'abast temporal o els controls de qualitats de les dades. Així doncs, davant dels reptes del Canvi Global o les noves estratègies de Planificació Marina Espacial o de Gestió Integrada Costanera, els resultats del present treball posen de manifest la necessitat d'avaluar i millora les pràctiques i protocols d'obtenció i gestió de dades d'evolució de la línia de costa, tot seguint l'exemple d'altres iniciatives de la comunitat oceanogràfica com les que aborden el nivell marí, la temperatura del mar o les pesqueries, entre d'altres.

**Paraules claus:** *evolució de la línia de costa, balanç sedimentari, infraestructura de dades espacials, conca Mediterrània.*

*Lluís GÓMEZ-PUJOL, Grup de Recerca de Ciències de la Terra, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears. Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears). Joan VALLESPÍR, SOCIB, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (MINECO-CAIB), ParcBIT, Ctra, Valldemossa km 7.5, 07121 Palma (Illes Balears); David MARCH, SOCIB and Centre for Ecology and Conservation, University of Exeter. The Farmhouse, University of Exeter, Penryn Campus, Cornwall, TR10 9FE, UK and J. TINTORÉ, SOCIB i Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marqués 21, 07190 Esporles (Illes Balears)*

## Introduction

Humans have occupied coastal areas since immemorial times. Nowadays the 70% of the Earth's population live in these settings (Brown *et al.*, 2002) and, at least, two-third of the biggest cities are placed on the coast (Crooks and Turner, 1999). In the Mediterranean region, coastal zones concentrate one of the highest population densities. Vallega (1990) calculated that the total Mediterranean coastal population in 2000 reached 123.7 millions of inhabitants and estimated that in 2015 the Mediterranean population pressure, including residents and tourists, would reach between 11,000 to 12,000 thousands inhabitants per km of coastline. Additionally, these zones also support an unparalleled concentration of infrastructures, productivity and tourism uses, as well as, they are a vital link between terrestrial and aquatic ecosystems (Agnew *et al.*, 2013; UNEP, 2001).

Among these coastal zones low-coast sandy and other accumulation coasts (i.e. boulder beaches, barrier islands, marshes, etc.) provide a natural coastal defence, as well as other coastal services, by dissipating high-energy storms waves or attenuating the effect of surges (Hanley *et al.*, 2013; Jiménez *et al.*, 2011; Liqueste *et al.*, 2013). Therefore, previously from approaches such as the Integrated Coastal Zone Management (ICZM) and recently from the Marine Spatial Planning (MSP), it is not unusual that shoreline dynamics –such as erosion accretion– jointly with climate change effects, natural hazards have been identified as significant pressures on coastal development and growth, as well as on marine ecosystems, leading to deterioration of environmental status, loss of biodiversity and degradation of marine series (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2011). According to that, UE (2014) stated that due regard should be had to these low-coast sandy environments in the form of an integrated planning and decisions, because healthy coastal and marine ecosystems and their multiples services can deliver substantial benefits in terms of food production, recreation and tourism, climate change mitigation and adaptation, shoreline dynamics control and disaster prevention.

Against this background and having in mind the contribution to an effective coastal marine planning and integrated management, many authors have claimed the need of

collecting and mapping detailed shoreline change patterns, mainly shoreline erosion, across large scales (i.e. van Koningsveld *et al.*, 2005; Roca *et al.*, 2008; Ciavola *et al.*, 2011; Pranzini and Williams, 2013 or Yates and Le Cozannet, 2012, among others). This claim is also extensive to biodiversity and data requirements (Levin *et al.*, 2014), sea-level infrastructure (Woodworth *et al.*, 2009), sea-chlorophyll (Colella *et al.*, 2016) or other oceanographic datasets (UNESCO, 2017).

Along with the developments and results from different research projects there is a progress in techniques and methods for obtaining data on shoreline change or coastal sediment mass budget (i.e., Sutherland, 2010; Psuty and Silveira, 2011b; Turner *et al.*, 2016) and also in the number of data collections that enable the utilisation of the data by a wide number of new users engaged with coastal management or environmental policy. In 2013, an European Commission Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries, Maritime Policy Atlantic, Outermost Regions and Arctic project called "*Growth and innovation in ocean economy – gaps and priorities in sea basin observation and data: Medsea Check Point*" was started to address the stages of work required for desk-based assessments intended to calculate variables such as annual sea level rise, annual change in temperature or annual sediment mass balances at the coast, among others, over the Mediterranean. The opportunity was taken to undertake a survey of existing Mediterranean coastal sediment mass budget data infrastructure and availability.

The current article presents the results of this survey, evaluating the different data sources, methods, spatial coverage and resolution, and from an end-users point of view, the potential use by stakeholders and academic researchers. The first part of the paper presents what we understand as sediment mass balance at the coast, as well as, the preliminary literature review on desk-based existing available data. The second part of the paper relates to the scientific literature survey. Finally, we map and assess the main attributes of available shoreline change data and the applicability for different end-users. Lessons learned from this approach are summarized and presented as the arguments of a debate in order to standardize and sharing data among the coastal research and coastal management communities.

## **Materials and methods**

### **Variables of interest**

Sediment mass balance at the coast may be defined as the trend or sign of a sedimentary budget. In coastal morphodynamics it is a tool used to analyse and describe the magnitude and sign of the different sediment inputs (sources) and outputs (sinks) in the nearshore. The sediment budget can also be defined as the volume of sediment in, and moving through, a beach system (Short, 1999). According to this balance, the sedimentary budget results in morphological changes of sediments in any particular coastline over time. It also reflects the amount of erosion or accretion affecting the morphology of the coast. In order to maintain a beach, the sediment budget must either be balanced or positive, a negative budget will result in partial or complete beach erosion. One of the proxy indices on sediment mass balance is shoreline change (Psuty and Silveira, 2011a). It is known that at medium or large time scale, a positive sediment mass balance will result in the subaerial or

upper beach advance and a negative balance in a dry beach retreat. Therefore in this paper sediment mass balance has been interpreted as the shoreline advance and/or retreat, the shoreline change.

It is important to focus the approach on the variable of interest: “Sediment mass balance at the coastline”. This can be interpreted as the annual shoreline retreat, in m/year, but also as the difference of sediment volumes in m<sup>3</sup>/year (instead of mass, this is more commonly used in coastal engineering) between two dates. Notice that the former (shoreline retreat) is generally measured from coastline positions with a high spatial resolution (typical alongshore resolution of some meters) and requires less effort than the measurement of sediment mass volume that requires bathymetric data over the entire beach (multiple cross-shore beach profiles). The balance of sediment mass volume is generally given with lower horizontal resolution (order of km) because the values are generally given for the entire beach or for an overall coastal unit. An alternative to the two previous definitions that is sometimes used is the sediment mass balance given in m<sup>2</sup>/year, defined as the difference of dry beach area between two dates. This can be obtained from the integration of the shoreline retreat over the entire beach (or over the entire coastal unit), or from restricting the analysis of sediment volume to the dry beach. Thus, the horizontal resolution of sediment mass balance in m<sup>2</sup>/year is comparable to the resolution of the sediment mass balance in m<sup>3</sup>/year.

Although the survey has been focused on localizing sediment mass balance data (essentially in m/year), other variables of interest have been identified. These are variables from which shoreline retreat/advance can be computed at regional scale –NUTS3 for European countries an equivalent regions for the non-European countries–. As previously suggested, sediment mass balance given in m<sup>2</sup>/year and m<sup>3</sup>/year will be identified as "other variables". We will refer as other variables the following variables:

- a) Sediment mass balance in m<sup>2</sup>/year
- b) Sediment mass balance in m<sup>3</sup>/year
- c) Sediment mass balance in other units (e.g. in m, or in non-specified units)
- d) GIS coastline series (at least 2 coastlines are needed to evaluate sediment mass balance)
- e) Bathymetry or topography series
- f) Orthophoto series

### **Data availability and survey rationale**

For the purposes of this paper and according to the EC requests, availability is defined such as the degree to which datasets are ready for use and obtainable. According to Manzella *et al.* (2017) the availability can be measured in terms of visibility, accessibility and performance. Visibility is the ability to identify and quickly access the appropriate site delivering the desired data sets. It is the ability for all users, including non-experts, to perform data sourcing through a EU Inspire catalogue. The accessibility is the ability for all the users to understand the retrieval model status and its appropriateness (i.e. data policy visibility, data policy statements, data delivery mechanisms, formats of uses, etc.). Finally, performance refers to the ability of a system to keep operating over time to meet real time operational conditions (timeliness or ability to process a request).



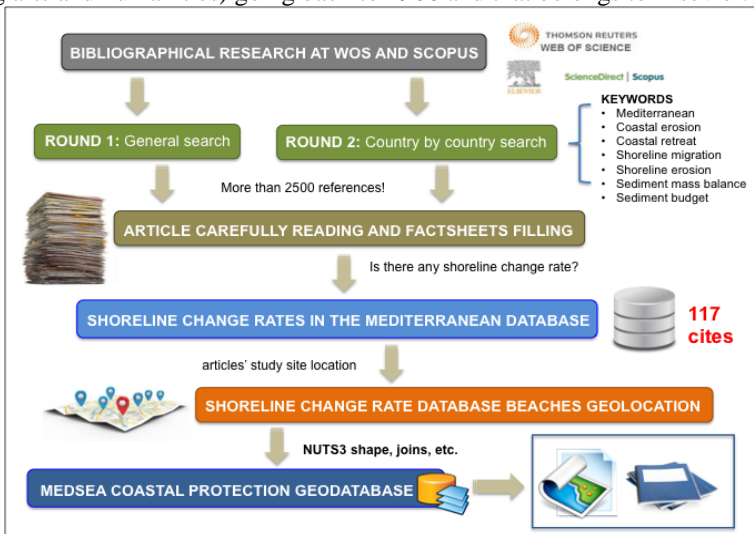
The main objective of the survey is therefore to localize available sediment mass balance data in the Mediterranean Sea, with main focus on (1) data of shoreline retreat/advance (i.e. given in m/year) and (2) data that cover entire Mediterranean NUTS3 regions in order to generate regional statistics. For these data, we will evaluate the possibility of producing annual time series. Sediment mass balance data given in other units (m<sup>2</sup>/year, m<sup>3</sup>/year) will be considered as secondary but will also be localized in NUTS3 where data in m/year are missing.

To this end we developed a dual approach after a general overview and exploration of the existing resources at main coastal and oceanographic assembly data portals: (a) Firstly, an extensive survey of EU data assembly portals and spatial data infrastructures or European Research Projects web pages. (b) Second, a thorough scientific literature review, using the most complete and well-recognized databases by the academic community was undertaken, exploiting information on erosion rates, monitoring techniques, data store and management.

**Scientific literature survey**

The main goal of this survey is to identify the existence of data on sediment mass balance published in scientific papers or scientific books. The search was made through standardized citation databases. To this end, sediment mass balance has been translated to the shoreline advance or retreat. The methodology of the survey is presented in the flow work chart (Fig. 1). The survey has been developed using the most widespread scientific databases, Scopus and Web of Science:

a) Scopus is a bibliographic database containing abstracts and citations for academic journal articles. It covers nearly 22,000 titles from over 5,000 publishers, of which 20,000 are peer-reviewed journals in the scientific, technical, medical, and social sciences (including arts and humanities) going back to 1966 and that belongs to Elsevier.



**Fig. 1.** Scientific literature survey methodology approach.

*Fig. 1. Aproximació metodològica a l'exploració de la bibliografia científica.*

b) Web of Science, WOS –previously known as (ISI) Web of Knowledge–, is an online subscription-based scientific citation indexing service maintained by Thomson Reuters. It gives access to multiple databases that reference cross-disciplinary research. It covers editorials, chronologies, abstracts, journals, books and technical papers from 1900 to the present.

The survey has been performed during two rounds in both databases:

**Round 1.** Round 1 focused on a general search using the combination of the fixed keywords “Mediterranean” with successive ones, such as “coastal erosion”, “coastal retreat”, “shoreline migration”, “shoreline erosion” and “coastal erosion”.

**Round 2.** Round 2 focused on a country-by-country search using the combination of the keywords “the name of the country” plus the following keywords: “coastal erosion”, “coastal retreat”, “shoreline migration”, and “shoreline erosion”.

This resulted in a list of references that have been reviewed to discriminate if they provide shoreline change rates. If it was the case, then the reference was indexed and a complementary file that included different fields:

- **Location:** This attribute refers to the geographical location (the central point) of the beach or the coast sector under study. There is the possibility that one reference describes different study sites or beach locations. In that case the same reference has been replicated as many as times as beach locations are addressed in the reference.
- **DOI:** This information, when it is available, refers to the digital object identifier (DOI) that is a unique alphanumeric string assigned by a registration agency (the International DOI Foundation) to identify content and provide a persistent link to its location on the Internet. Each publisher assigns a DOI when the article is published and made available electronically.
- **Title:** The full title of the article is registered in this field.
- **Authors:** Authors of the article
- **Year:** This attribute registers the year of publication of the article.
- **Type of publication:** Indicates the type of publication and separates between scientific journal, book chapter or proceedings.
- **Journal or book name:** the attribute lists the full name of the journal or the title of the book in case of book chapters.
- **NUTS3:** each study site referred in the article has been related to a specific or equivalent NUTS3 region. Nomenclature following the study domain presented at Section 2.
- **Survey beginning:** Date of survey initiation.
- **Survey end:** Date of survey end.
- **Minimum erosion rate:** minimum shoreline change rate value described in the article.
- **Maximum erosion rate:** maximum shoreline change rate value described in the article.
- **Methods:** This attribute summarize, if they are available in the original paper, the different methods used for calculating the shoreline change rates (i.e. survey, maps, orthophoto, aerial photography, satellite, etc.)

## Results

An intensive and focused bibliographic research was undertaken to identify possible data sources of sediment mass balance for Mediterranean. Some sources like EMODnet geology data portal ([www.emodnet-geology.eu](http://www.emodnet-geology.eu)), OneGeology ([www.onegeology.org](http://www.onegeology.org)), or the European Atlas of the Seas ([www.ec.europa.eu/maritimeaffairs/atlas/maritime\\_atlas](http://www.ec.europa.eu/maritimeaffairs/atlas/maritime_atlas)), despite accomplish the availability requirements described before, provide from a thematic point of view, only a rough identification of sediments near the coast, which is not enough to make any reasonable estimation. The project that most closely made an assessment of sediment status at a large scale was the EUROSION project in 2004 ([www.euroSION.org](http://www.euroSION.org)). But the resulting database only includes qualitative information on shoreline erosion based on expert judgement.

### International Projects and initiatives

More than 20 international projects have been identified (international projects refer to projects that includes at least two countries of the Mediterranean Sea). The list of these projects with their corresponding web page is displayed in Table 1. The coordinator or a key partner of each project has been contacted, furthermore, all the partners of the EUROSION project, all the participants of the AZAHAR programme and all the focal points of the PAP-RAC programme have been contacted individually. For non-European countries most of the coastal authorities have been contacted in the context of the AZAHAR and PAP/RAC programmes. These projects are described below.

Project acronym	Project web page
ADRIPLAN	<a href="http://adriplan.eu/">http://adriplan.eu/</a>
AZAHAR	<a href="http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=7&amp;articleID=218">http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=7&amp;articleID=218</a>
BEACHMED	<a href="http://www.beachmed.eu/">http://www.beachmed.eu/</a>
COASTANCE	<a href="http://www.coastance.eu/">http://www.coastance.eu/</a>
COASTGAP	<a href="http://coastgap.facecoast.eu/">http://coastgap.facecoast.eu/</a>
COASTVIEW	<a href="http://141.163.79.209/cd/index.html">http://141.163.79.209/cd/index.html</a>
EUROSION	<a href="http://www.euroSION.org/">http://www.euroSION.org/</a>
FACECOAST	<a href="http://www.facecoast.eu/">http://www.facecoast.eu/</a>
MARE NOSTRUM	<a href="http://marenostrumproject.eu/">http://marenostrumproject.eu/</a>
MAREMED	<a href="http://www.maremed.eu/">http://www.maremed.eu/</a>
MEDCOAST	<a href="https://www.medcoast.net/">https://www.medcoast.net/</a>
MEDLAB	<a href="http://www.medlivinglab.eu/">http://www.medlivinglab.eu/</a>
MEDSANDCOAST	<a href="http://medsandcoast.facecoast.eu/">http://medsandcoast.facecoast.eu/</a>
MICORE	<a href="https://www.micore.eu/">https://www.micore.eu/</a>
OURCOAST	<a href="http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=3">http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=3</a>
PAP/RAC	<a href="http://www.pap-thecoastcentre.org/">http://www.pap-thecoastcentre.org/</a>
PLANCOAST	<a href="http://www.plancoast.eu/">http://www.plancoast.eu/</a>
PEGASO	<a href="http://www.pegasoproject.eu/">http://www.pegasoproject.eu/</a>
RESMAR	<a href="http://www.res-mar.eu/fr/">http://www.res-mar.eu/fr/</a>
RESPONSE	<a href="http://www.responsesproject.eu/">http://www.responsesproject.eu/</a>
SHAPE	<a href="http://www.shape-ipaproject.eu/">http://www.shape-ipaproject.eu/</a>

**Table 1.** List of International projects and programmes contacted.

*Taula 1. Projectes i programes internacionals entrevistats.*

**EUROSION Project** is the reference project providing data of coastal erosion with a spatial extent approaching the scale of the present project is the EUROSION project (01/2002-05/2004), which has been commissioned by the EU Commission's Environment Directorate-General (DG) of the European Environment Agency (EEA). EUROSION ended in 2004 and has provided different datasets related with coastal erosion and coastal protection for the whole coastline of the European Union with a spatial horizontal resolution of 200 m available as GIS data layers (<http://www.eea.europa.eu>). The data available from the EUROSION datasets have the following limitations with respect to the initial objectives of the present project:

a) The data of sediment mass balance at the coast concerning the Mediterranean Sea are qualitative only. The data produced give information on the evolutionary trends of the coastline, by indicating if the coastline is stable, in erosion and in accretion, for each of the segment analysed (length of 200 m).

b) The EUROSION database covers the countries of the European Union (members in 2004). The spatial coverage is therefore smaller than the one expected that should cover the whole Mediterranean Sea. The countries from the African continent, from the Asian continent as well as countries from the European continent that were not EU member have to be included here. Precisely, the EUROSION database covers 36,000 km of the Mediterranean coastline while the coastline length of the whole Mediterranean Sea is 46,000 km.

Although the data provided by EUROSION are qualitative only, they could have been generated from quantitative data of sediment mass balance. For this reason, all the data providers of the Coastal Erosion Layer (EUROSION) for the Mediterranean coast were contacted.

The **AZAHAR Programme** is a response to the special awareness of Spanish society towards the needs of its neighbours in the Mediterranean basin, a region to which it is closely tied by both vocation and centuries of shared history. Within this framework, the Spanish Agency for International Cooperation of the Ministry of Foreign Affairs and Cooperation and the Directorate General of the Coast of the Ministry of Environment, in collaboration with the University of Cantabria, have organized different seminars on Integrated Coastal Zone Management aimed at representatives from Albania, Algeria, Bosnia-Herzegovina, Egypt, Lebanon, Morocco, Mauritania, Serbia, Montenegro, Syria, Palestinian Territories and Tunisia. Participants have been technical experts and managers of the coastal from the different administrations responsible of coastal works (Ministry of Public Infrastructures, etc.), or in charge of the protection of coastal environment (Ministry of Environment, etc.). All of them were contacted.

**Priority Actions Programme/Regional Activity Centre (PAP/RAC)**, established in 1977, is a key component of the Mediterranean Action Plan (MAP), itself part of the United Nations Environment Programme (UNEP). The core of PAP/RAC is based in The Coastal Management Center (Split, Croatia) with the support of the Government of Croatia, however, PAP/RAC involves a large network of Mediterranean experts and institutions.

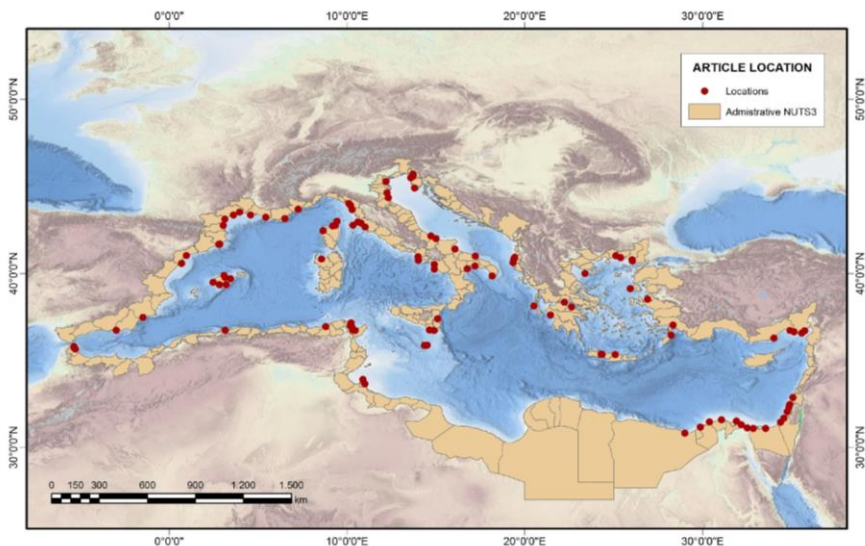
Both international initiatives and people contacted points up that there are not a complete and coherent dataset on sediment mass balance and shoreline change dataset at regional scale.

### Scientific Literature Survey

The scientific literature survey identified, from published, indexed, available and summarized scientific papers cited in WOS and SCOPUS databases. More than 2500 references were analysed, from which only 117 provide shoreline change rates referred to 106 locations along the Mediterranean basin. Most of the countries have at least one reference with shoreline change rates, but sites like Libya, Lebanon, Cyprus, Montenegro, Bosnia-Herzegovina lack of any kind of published study. Focusing on NUTS3 regions, most countries do not have studies in all the NUTS3, and only some small countries –with few NUTS3- and Egypt –for Nile related studies- have at least one reference on shoreline change rates for each one of the NUTS3 regions.

### Shoreline change rate: spatial extent and coverage

We have compiled 117 citations that showed data at 106 locations (Fig. 2). According to the source, 83.8% of the results related to shoreline change rates are published in scientific journal papers, while 12.8% are in the form of scientific proceedings and the remaining 3.4% in scientific books. All of them are cited at SCOPUS and/or WOS. The spatial distribution of those reveals significant differences among the basin and among states. Some areas of the Southern coast of the Mediterranean lacks of published and acces-

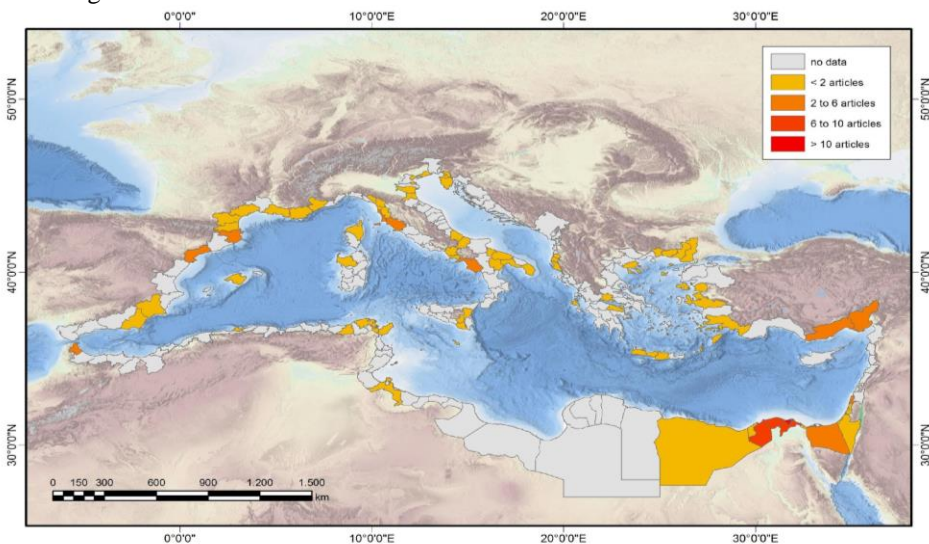


**Fig. 2.** Study sites described in the selected references. Red points refer to locations where shoreline change rates and additional information (i.e. survey time period, methods, etc.) are given.

*Fig. 2. Localitats d'estudi de les cites bibliogràfiques analitzades. Els punts vermell indiquen la localització de les zones caracteritzades als treballs que proveeixen d'informació sobre l'evolució de la línia de costa, així com d'altres paràmetres (p.e. període d'estudi, mètodes, etc.).*

sible shoreline change rates, whereas the Northern and Eastern coasts exhibit a larger number of beaches with some sort of quantification on sediment mass balance. There is a marked lack of data in the Mediterranean Morocco coast, the Libyan coast, the eastern coast of the Adriatic or the southern coast of Turkey or Syria.

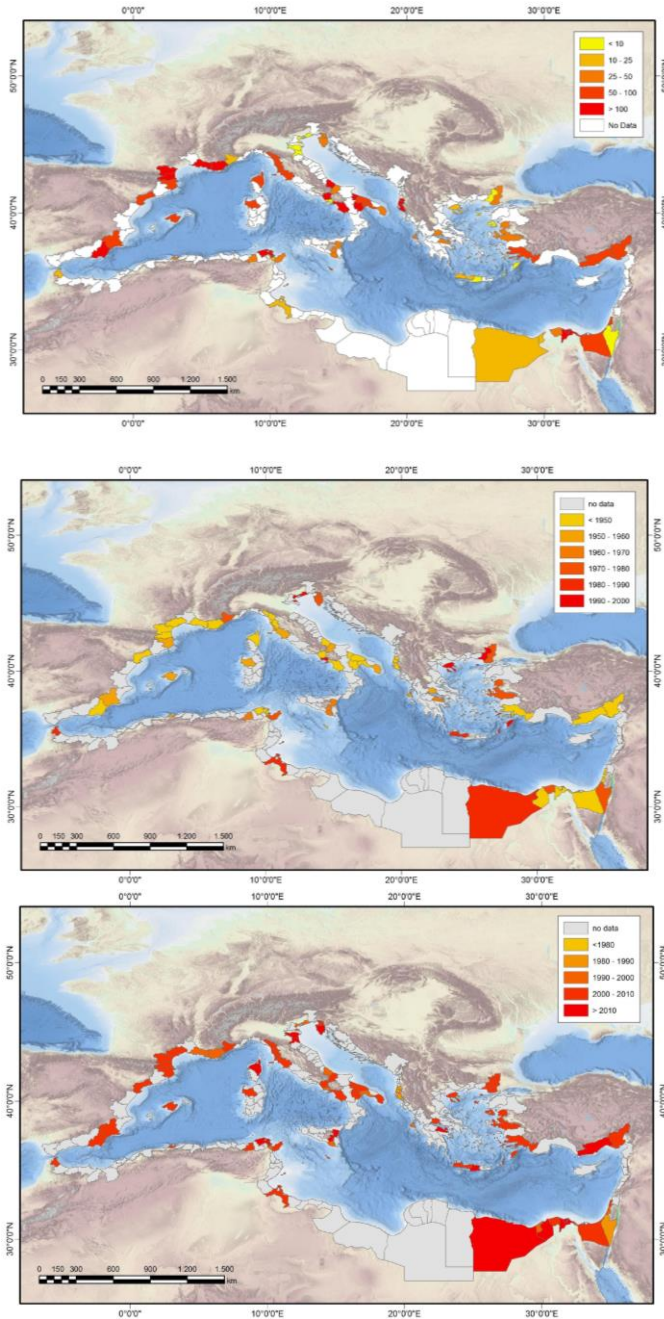
The results of the bibliographical survey have been assigned to NUTS3 regions (Fig. 3) using spatial joins. This shows that only 35.7% (79 of 221) of the NUTS3 regions have been analysed in articles regarding shoreline rates changes. The remaining 64.3% (142 of 221) of the regions have not been mentioned in any scientific paper where shoreline changes were studied. By analysing the spatial distribution of the citations at regional level (Fig. 2), it can be clearly seen that there is a heterogeneous distribution. The big picture shows how the northern side of the basin, where EU countries are located, have been more intensively cited than the ones in the south. Paradoxically, the most studied country is Egypt (southern side), where all regions have been cited, especially those in the Nile river delta, a highly dynamic coastal area. The Israeli coast has been regularly studied due to coastal management and energy industry issues. All EU countries have citations in some regions. Small countries like Malta or Slovenia have all regions cited, and France has most of the regions, while the rest of the countries have an irregular distribution of citations. For example, Italy, Spain and Greece, with the longest coasts, have regions with many citations, while others are not cited. Nevertheless, it is important to remind that these maps just collect the number of articles or references in each NUTS3 region. There is not any assessment, in terms of regional characterizations, about if the studied beaches are representative, or not, of the region, and, in relation to this point, if the shoreline change rate can be assumed with confidence as an environmental descriptive indicator for the NUTS3 region.



**Fig. 3.** Maps of NUTS3 describing the number of references with shoreline change rates.

**Fig. 3.** Cartografia de les NUTS3 i el nombre de treballs amb taxes d'evolució de la línia de costa per a cada una de les unitats d'anàlisi espacial.



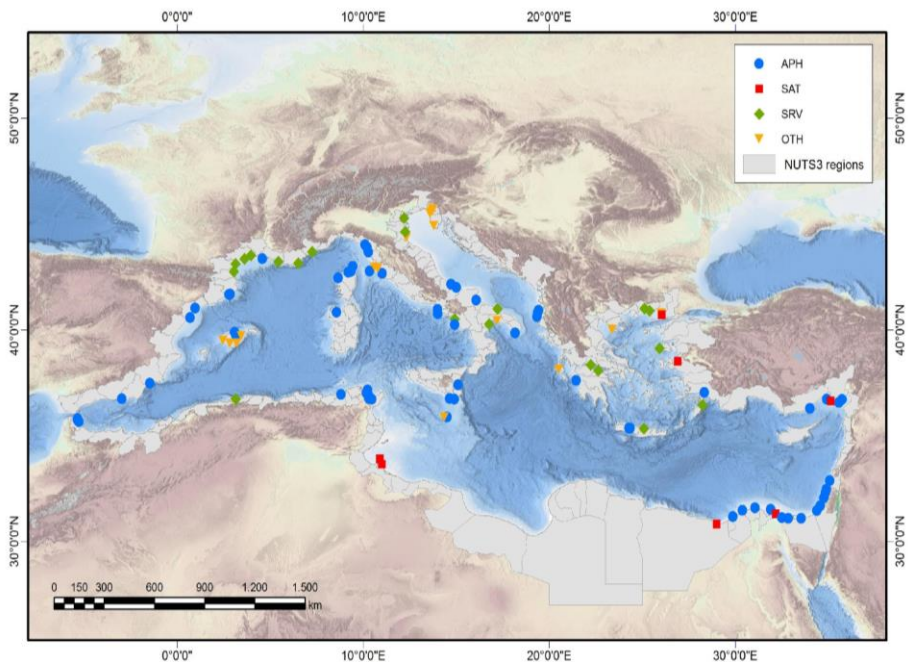


**Fig 4.** (A, upper) Maps describing the maximum temporal extent collected in each NUTS3 (in years). (B, middle) First shoreline citation date at NUTS3 scale. (C, lower) Last shoreline citation date at NUTS3 scale.  
**Fig. 4.** (A, superior) Cartografia de l'abast temporal màxim (anys) de l'evolució de la línia de costa per a cada NUTS3. (B, meitat) Any d'inici del seguiment de l'evolució de la línia de costa per a cada NUTS3. (C, inferior) Any final de seguiment de l'evolució de la línia de costa per a cada NUTS3.



### ***Shoreline change rate: temporal extent and coverage***

The oldest coastline data goes back to 1799 and the most recent to 2013. From the NUTS3 regions with shoreline change data, the largest period of analysis covers 212 years while the shortest is only 2 years. Fig. 4A shows the maximum temporal extent. There are 28.6% of the NUTS3 with shoreline datasets covering a period of at least 100 years; 27.3% with temporal extension between 50 and 100 years; 24.6% between 50 and 25 years and 19.4% of NUTS3 cover less than 25 years. Among the last ones, the larger proportion accounts for studies covering less than 10 years between the oldest and the more recent shoreline analysis. It has to be noted that temporal extent does not imply regular analysis over the timeline. It may happen that a large extent is due to irregular analysis along the years (i.e. a study in the sixties and another one in 2010 for the same region). The results of the bibliographical survey also highlight differences in the dates of available shoreline. Oldest shorelines (Fig. 4B) are well represented in western and north-central basin. In these areas the oldest shoreline are previous to 1960, whereas in the eastern and southern shores they are post 1960. The shorelines most recently cited (Fig. 4C) show a homogenous scenario, with almost all NUTS3 regions having shoreline studies corresponding to the year 2000 or more recent.



**Fig. 5.** Methods approach at the different study sites. APH: approaches mainly based on aerial photography analyses; SAT: approaches mainly based on satellite image processing; SRV: approaches dealing with topographical and bathymetric studies; OTH: other approaches.

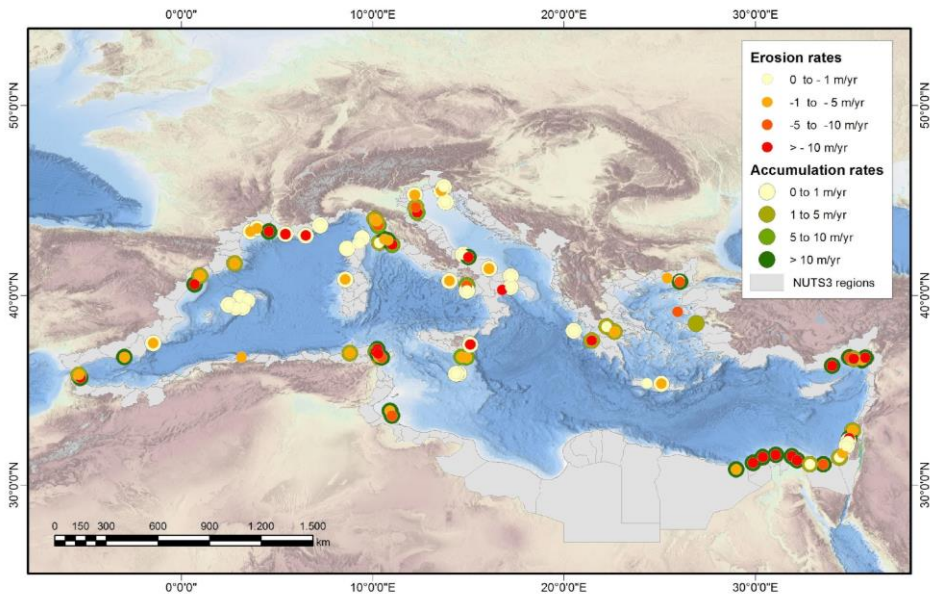
**Fig. 5.** *Diferents mètodes de caracterització de l'evolució de la costa a les zones d'estudi. APH: aproximacions basades en fotografia aèria; SAT: aproximacions basades en imatge de satèl·lit; SRV: aproximacions a partir d'estudis topo-batimètrics; OTH: altres aproximacions.*

### ***Shoreline change rate: methodological approach***

Although the study is focused on locating sediment mass balance data, other variables of interest have been identified and incorporated into the bibliographical survey dataset, such as the methods and technologies used for computing the shoreline change rate. There is a wide range of methods and techniques to obtain the shoreline variations. For example, some papers present very imprecise sources, such as historical maps, to compare displacements at times when no instruments were available. More recent articles use obviously more precise instruments like DGPS-RTK and echo sounding surveys. Some other studies use satellite images and orthophotos large extensions have to be covered. There are many articles that combine different approaches. In order to have a synthetic overview, we have grouped the different methods in four categories (Fig. 5): Approaches mainly based in aerial photography shoreline capture techniques (APH), approaches based on satellite image processing (SAT), approaches based on field surveys (SRV) – topographic surveys, DGPS RTK, echo sounding, etc.-) and another group of cases (OTH) that (a) does not incorporate information on methods; or (b) they are related to rocky coasts erosion monitoring techniques. Fig. 5 shows the different methods used along the basin. 59.4% of the studies are based on aerial photography approaches, 18.9% of the studies refer to shoreline change rates computed comparing different topographic maps and surveys and 6.6% of the references deal with satellite images processing. 15.1% of the references are based on different approaches including pantometers or techniques related with rocky coasts either with studies that does not provide any explanation about the technique used for shoreline change determination.

### ***Shoreline change rate: erosion and accretion rates***

Extreme shoreline rates were collected as a reference to establish a picture of the most severe changes recorded. Fig. 6 shows the maximum positive and negative shoreline change rate values given for a specific location. Discarding erosion rates lower than 1 m/year, at basin level the minimum erosion rates are about 1.5 to 1.6 m/year and correspond to Marina de Cope (Spain) or Platamona (Italy); whereas the largest are registered at Fom El Oued (Tunisia) and the Nile Delta (Rosetta, Egypt) with 60.5 and 211 m/year respectively. Additionally the minimum accumulation rate corresponds to Xylokastro (Greece) with 1.3 m/year and the maximum to Alexandria (Egypt) where studies reported advances of 107 m/year. Nevertheless this information and this map should be used with caution because the database does not compile the averaged shoreline advance or retreat for a specific location, but the maximum or the minimum rate for a study site. This means that these values could correspond to a specific profile, and according to the characteristics and dynamics of each site, it could be representative or not of the whole beach. Notice that the descriptive articles we have addressed do not strive to determine erosion rates as a regional or location descriptive index. The aim of all these papers is generally to unravel the shoreline dynamics. According to that, the most dynamic location in terms of both erosion and accretion seems related to deltas, as it is the case for the Nile Delta, the Ebro Delta or the Rhone Delta, among others.



**Fig. 6.** Maximum positive (accretion) and negative (erosion) shoreline change rates (in m/year) for each literature reference study site.

**Fig. 6.** Taxes màximes positives (acreció) i negatives (erosió) de canvis de la línia de costa (m/any) per a cada una de les localitats d'estudi de les referències bibliogràfiques.

### ***Survey results exploitation at Mediterranean scale: potential and troubles***

Information about sediment mass balance has been collected from different published sources, and the main information in the form of shoreline change rates, has been given for a selected beach or for the entire NUTS3. Although the survey is focused on localizing sediment mass balance, other variables of interest have been identified to use the resulting dataset (i.e. methods used, maximum erosion and accumulation rates, etc.). Accordingly, a first warning should be made since our approach relates to available data and this means that the shoreline change rates provided are not necessarily representative of a NUTS3 region or a country. For instance there are some concerns about how representative is each beach in its regional context. Most of the studies summarized or included in the dataset refer to beaches with a scientific interest or deal with some sort of coastal management issue or conflict. So there is no assessment about the representability of any particular beach or about the coastal trends of the surrounding region. Moreover, the methods used can be quite different, from historical maps to bathymetry survey. Similarly, the uncertainties related to each method can be quite different and can obscure a metadata analysis based on this dataset. Nevertheless, results indicate that:

- The most common method for evaluating shoreline change rate is historical analysis based on aerial photography, orthophotos, etc.
- There is a spatial bias on available data along the basin, especially marked in the Mediterranean southern side. This spatial bias is accentuated when considering time

series extent: northern locations have larger datasets than southern or eastern ones, except for the case of the Nile delta. Nevertheless going deeper in temporal extent, it is impossible to produce maps useful for regional and UE stakeholders and coastal managers because of the heterogeneity of the time-intervals addressed in each paper.

- The quantitative shoreline change rate (accretion or erosion) obtained for some locations in the Mediterranean is a significant step forward from previous qualitative studies. However, a trend cannot be given due to the irregular extension of the available time series and the lack of spatial and temporal representability, different methodological approaches, etc. In other words, careful use of this dataset and of the above-mentioned limitations is highly recommended especially for critical analysis or meta-analysis studies.

## Concluding remarks

This paper has summarized the main findings of a recent survey of the Mediterranean shoreline change and/or coastal sediment mass budget data infrastructure, availability and nature. The survey has shown that data assets vary considerable from country to country, even between provinces or regions in the same country. In particular the unique desk-based available and properly documented dataset at the Mediterranean level is the EUROSION dataset. Nevertheless this dataset just provides a qualitative estimation of sediment mass balance coded as stable, eroded, or accreted, without being specific on time extent, methods and approaches used. Other available data from EMODnet Portal, OneGeology Portal or from the European Atlas of the Seas provide data (i.e. sediment type, deep-sea water bathymetries) that do not fulfil the minimum requirements for a sediment mass balance assessment.

In spite of this gaps the specific surveys (i.e. surveys originated from national agencies or scientific literature) allowed us to identify a plethora of data sources that would be appropriate for the purposes of this paper. However, in most cases this data is not visible, neither easily available. Additional analyses and supplementary effort would be needed to locate and access them, and determine their usefulness and value to address the purposes or the potential use for non-expert users according to Manzella *et al.* (2017).

Additionally the scientific literature survey carried out shows that despite the existence of numerous studies in the Mediterranean, they are usually local and with an incoherent frequency. In addition, very different methods are used and as a consequence, it is very difficult to use and compare the resulting data. Additionally there is some concern on the representativeness of the locations surveyed for being used as NUTS3 regional indicators. Both the scientific literature survey and the specific surveys showed a persistent difference about the amount of data and the quality between countries and between the northern and southern coasts of the Mediterranean.

This report provides an overview of the sediment mass budget activities in the Mediterranean basin at the present time. The work carried out is also a starting point for more extensive and systematic surveys in the future, surveys that could be used for meta-analysis and comparisons with other regional datasets (i.e. sea level trend). These future projects should consider the importance of considering the need for comparable methods,

uniform time extents and proper spatial coverage along all the Mediterranean shores. Procedures that are widely acknowledged in the oceanographic community (i.e. Woodworth *et al.*, 2009).

Contrarily to sea-level or sea surface temperature datasets, there is a lack of valid data on sediment mass-balance or coastal erosion-accretion at a basin level. This type of data is a key issue for coastal managers, stakeholders and public administration. Thus, the revision or new development of datasets such as EUROSION is highly advisable in order to provide homogeneous and reliable datasets that would have to use comparable spatial and temporal scales.

## References

- Agnew, M.D., Goodess, C.M., Hemming, D., Giannakopoulos, C., Salem, S.K., Bindi, M., Bradai, M.N., Congedi, L., Dibari, C., El-Askaray, H., El-Fadel, M., Ferrise, M., Grünzweig, J.M., Harzallah, A., Hattour, A., Hatzaki, M., Kanas, D., Kostopoulou, E., Lionello, P., Oweis, T., Pino, C., Reale, M., Sánchez-Arcila, A. and Senouci, M. 2013. Introduction. In: Navarra, A. and Tubiana, L. (Eds.), *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean*: Volume 3: Case Studies. *Advances in Global Change Research*, 52: 3-22. Springer, Dordrech.
- Brown, K., Tompkins, E.L., Adger, N. 2012. *Making waves: integrating coastal conservation and development*. Routledge, London, 176 pp.
- Ciavola, P., Ferreira, O., Haerens, P., van Koningsveld, M., Armaroli, C. and Lequeux, Q. 2011. Storm impacts along European coastlines. Part 1: The joint effort of the MICORE and ConHaz projects. *Environmental Science & Policy*, 14: 912-923.
- Colella, S., Falcini, F., Rinaldi, E., Sammartino, M. and Santoleri, R. 2016. Mediterranean Ocean Colour Chlorophyll Trends. *PLOSone*, 11(6): e0155756.
- Crooks, S. and Turner, R. 1999. Integrated coastal management: sustaining estuarine natural resources. *Advances in Ecological Research*, 29: 241-289.
- Hanley, M.E., Hoggart, S.P.G., Simmonds, D.J., Bichot, A., Colangelo, M.A., Bozzeda, F., Heurtefeux, H., Ondiviela, B., Ostrowski, R., Recio, M., Trude, R., Zawadzka-Kahlau, E. and Thompson, R.C. 2013. Shifting sands? Coastal protection by sand banks, beaches and dunes. *Coastal Engineering*, 87: 136-146.
- Jiménez, J.A., Gracia, V., Valdemoro, H.J., Mendoza, E.T., Sánchez-Arcilla, A., 2011. Managing erosion-induced problems in NW Mediterranean urban beaches. *Ocean Coastal Management*, 54: 907-918.
- Levin, N., Coll, M., Frascchetti, S., Gal, G., Giaknoui, S., Göke, C., Heymans, J.J., Katsanevakis, S., Mazor, T., Öztürk, B., Rilov, G., Gajewski, J., Steenbeek, J. and Kark, S. 2014. Biodiversity data requirements for systematic conservation planning in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 508: 261-281.
- Liquete, C., Zulian, G., Delgado, I., Stips, A. and Maes, J. 2013. Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe. *Ecological Indicators*, 30: 205-217.
- Pranzini, E. and Williams, A. (2014): Introduction. In: Pranzini, E. and Williams, A. (Eds.), *Coastal Erosion and Protection in Europe*: 1-8. Earthscan, London.
- Psuty, N.P. and Silveira, T.M. 2011a. Monitoring Shoreline Change Along Assatague Barrier Island: The First Trend Report. *Journal of Coastal Research*, SI64: 800-804.
- Psuty, N.P. and Silveira, T.M. 2011b. Tracking coastal geomorphological change: an application of protocols to collect geotemporal data sets at the national level in the US. *Journal of Coastal Research*, SI64: 1253-1257.

- Roca, W., Gamboa, G. and Tàbara, J.D. 2008. Assessing the multidimensionality of coastal erosion risks: public participation and multicriteria analysis in a Mediterranean coastal system. *Risk Analysis*, 28: 399-412.
- Sánchez-Arcilla, A., Mösso, C., Sierra, J.P., MEstres, M., Harzallah, A. Senouci, M., El Raey, M. and El-Askary, H. 2010. Climatic drivers of potential hazards in Mediterranean coasts. *Reg. Environ. Chang.*, 11: 617-636.
- Short, A. D. (Ed.) 1999. *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Wiley, Chichester, 379 pp.
- Sutherland, J. 2010. *Guidelines on Beach Monitoring for Coastal Erosion*. Internal Report, Conscience projet, EU 6FP. HR Wallingford, England.
- Turner, I.L., Harley, M.D., Short, A.D., Simmons, J.A., Bracs, M.A., Phillips, M.S. and Splinter, K.D. 2016. A multi-decade dataset of monthly beach profile surveys and inshore wave forcing at Narrabeen, Australia. *Scientific Data*, 3: 160024, doi: 10.1038/sdata.2016.24 (2016).
- UNEP 2001. *White Paper: Coastal Zone Management in the Mediterranean*. Mediterranean Action Plan, Priority Actions Programme, Split, 74 pp.
- UNESCO 2017. *Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World*. Executive Summary. UNESCO Publishing, Paris, 14 pp.
- Vallega, A. 1999. *Fundamentals of Integrated Coastal Management*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Van Knoningsveld, M., Davidson, M.A. and Huntley, D.A. 2005. Matching science with coastal management needs: the search for appropriate coastal state indicators. *Journal of Coastal Research*, 21: 399-411.
- Woodworth, P.L., Rickards, L.J. and Pérez, B. 2009. A survey of European sea level infrastructure. *Nat. Hazards, Earth Syst. Sci.*, 9: 927-934.
- Yates, M.L. and Le Cozannet, G. 2012. Evaluating European Coastal Evolution using Bayesian Networks. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 1: 1173-1177.





# L'altiplà de Pòrtol – Sa Cabaneta, una aproximació geomorfològica a l'exemple d'un massís càrstic de clima semiàrid (Mallorca, Illes Balears)

Jaume SERVERA

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Servera, J. 2021. L'altiplà de Pòrtol – Sa Cabaneta, una aproximació geomorfològica a l'exemple d'un massís càrstic de clima semiàrid (Mallorca, Illes Balears). *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 139-174. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La plataforma de Pòrtol-sa Cabaneta presenta una extensió d'uns 14 km<sup>2</sup> i està formada per materials postorogènics corresponents a la Formació de Calcarenites de Sant Jordi del Pliocè superior. El predomini calcari juntament amb els trets climàtics de la zona, implica que la morfogènesi que controla tot el modelat d'aquest territori sigui el carst. La important fracturació i diaclasament del material ha afavorit la circulació de l'aigua que percola, incentivant les possibilitats dels processos lligats a la dissolució. Així, la plataforma constitueix un excel·lent indret per a l'estudi del carst d'ambients semiàrids (< 500 mm de precipitació). No obstant, el carst analitzat ofereix molt poca espectacularitat, però sí que té una rica diversitat de formes. Com a exocarst de la zona destaquen, entre altres formes, els pouets o fosses de dissolució com a les més abundants i les estries associades que apareixen de forma molt subtil. Les cubetes de dissolució són una altra forma important a la nostra àrea d'estudi que, juntament amb la presència de formes de carst cavernós, posen en clara relació el seu origen subcutani baix el sòl i la seva evolució en condicions de carst lliure una vegada exhumades. Pel que fa a l'endocarst a la zona, aquest no té una importància espeleològica rellevant, igual que tampoc la tenen les formacions com dolines o uvales que són totalment absents. La zona ha sofert un intens impacte humà, més del 50% de la seva superfície avui són camps de conreu o espais urbanitzats, on s'ha perdut l'exocarst encara que la carstificació del rocam persisteix de forma epidèrmica baix el sòl d'aquests espais antropitzats.

**Paraules clau:** *Geomorfologia, exocarst, carst de subsòl, endocarst, semiàrid, plataforma calcària, massís càrstic, Illes Balears, Mallorca, Pòrtol.*

THE PLATFORM OF PÒRTOL - SA CABANETA, A GEOMORPHOLOGICAL APPROACH TO THE EXAMPLE OF A KARSTIC MASSIF WITH A SEMI-ARID CLIMATE (MALLORCA, BALEARIC ISLANDS). The platform of Pòrtol-sa Cabaneta has an area of about 14 km<sup>2</sup> and is made of postorogenic materials corresponding to the formation of Calcarenites de Sant Jordi of the upper Pliocene. The limestone predominance along with the climatic features of the area implies that the karst is the morphogenesis that controls all the modeling of this territory. The significant fracturing and dipping of the material has favored the circulation of infiltrate water, encouraging the possibilities of the processes linked to the dissolution. Thus, the platform is an excellent place to study the karst of semi-arid environments (<500 mm of precipitation). However, the karst analyzed offers very little spectacularity, but it does have a rich diversity of forms. As an exocarst in the area, the dissolution wells or pits, as the most abundant, and the associated striae that appear in a very subtle way, stand out. Dissolution buckets are another important form in our area of study which, together with the presence of cavernous karst forms, make clear their subcutaneous origin beneath the soil and their evolution under free karst conditions once. exhumed. As for the endocarst in the area, it has no relevant

caving significance, as do formations such as dolines or uvals that are completely absent. The area has suffered an intense human impact, more than 50% of its surface today are cultivated fields or urbanized spaces, where the exocarst has been lost although the karstification of the rocam persists epidermally under the soil of these anthropized spaces.

**Keywords:** *Geomorphology, exocarst, subsoil karst, endocarst, semi-arid, limestone platform, karst massif, Balearic Islands, Mallorca, Pòrtol.*

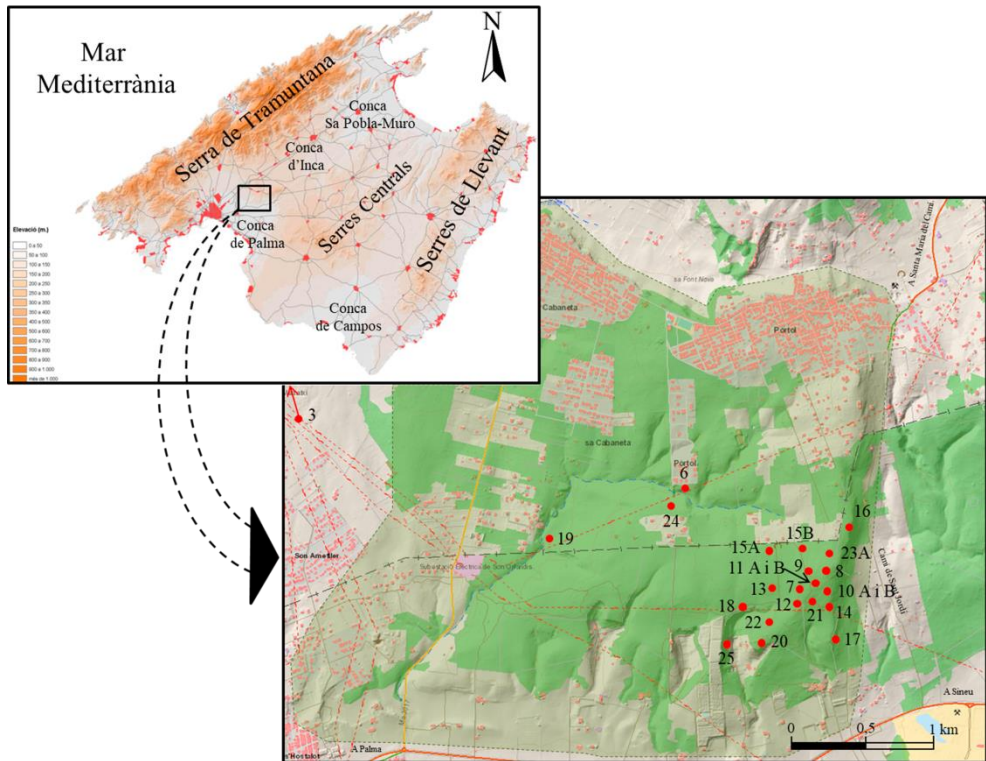
*Jaume SERVERA-NICOLAU, C/ La Garriga, 23. 07141 Pòrtol - Marratxí. E-mail: jaumeserveranicolau@gmail.com*

## Introducció

Qualsevol regió de la superfície terrestre està subjecte a constants processos de modelat amb més o menys complexitat i intensitat. No obstant això, cada un dels processos es defineixen per uns agents de modelat que, controlats per un conjunt d'elements externs, maximitzen o rellenteixen la seva efectivitat, donant-los una variabilitat temporal, que fan del modelat i les formes resultants de cada lloc la base d'un paisatge més aviat específic. El cas que ens ocupa de l'altiplà Pòrtol – sa Cabaneta (Fig. 1), no n'és una excepció, malgrat que el predomini del binomi corrosió i dissolució del rocam que és un important agent geomorfològic en aquest territori, no doni lloc a cap exclusivitat com a mostra espectacular de paisatge càrstic (*Karrenfield*), sinó més aviat al contrari. L'altiplà de Pòrtol no pot competir amb les formes càrstiques de *rillenkarr* o *runnenkarr* presents a la Serra de Tramuntana (Ginés, 1990, 1998, 1999; Ginés i Ginés, 2009, 2011, 2014; Ginés *et al.*, 2010) que, de forma molt meritòria, n'és el referent en l'espectacularitat dels resultats d'aquesta morfogènesi a Mallorca. Per aquesta raó, és valora, des d'un punt de vista del coneixement científic, un paisatge càrstic amb uns trets i unes condicions ambientals diferenciades a les de la Serra de Tramuntana, però si similars a altres àrees de l'Illa amb les que comparteix tipus de rocam, de vegetació o de clima, pot ser un exercici interessant per a compensar el desequilibri que hi ha entre el coneixement genètic del carst de muntanya i el carst del paisatge de marina. Així doncs, aquest treball té la modesta intenció de dur a terme la descripció del modelat d'un tipus de plataforma calcària, que té el seu homònim força estès per molts altres indrets de les Balears on els materials calcaris postorogènics fan acta de presència.

## Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi que es proposa per a aquest treball té una extensió aproximada d'uns 14 km<sup>2</sup>. És un altiplà delimitat al Nord per un cantell topogràfic on s'assenta l'alineació de les poblacions de Pòrtol, sa Cabaneta, Sant marçal i Son Verí. A l'Est el delimita la carretera del Camí de Sant Jordi que segueix un recorregut N-S, igual que la falla normal (Fig. 2), que separa la nostra zona (llavi superior) de la plataforma de Pontiró (llavi inferior) i de l'antiforme del Puig de Son Seguí – Santa Eugènia (Del Olmo *et al.*, 1991); al sud, el límit el trobem a la Carretera Vella de Sineu, possiblement seguint el mateix recorregut que la falla de Son Sardina (Silva *et al.*, 1998) i a l'Oest, per l'eix fictici entre nuclis de s'Hostalot i es Figueral, la zona on l'àrea d'estudi contacte amb la conca de Palma.



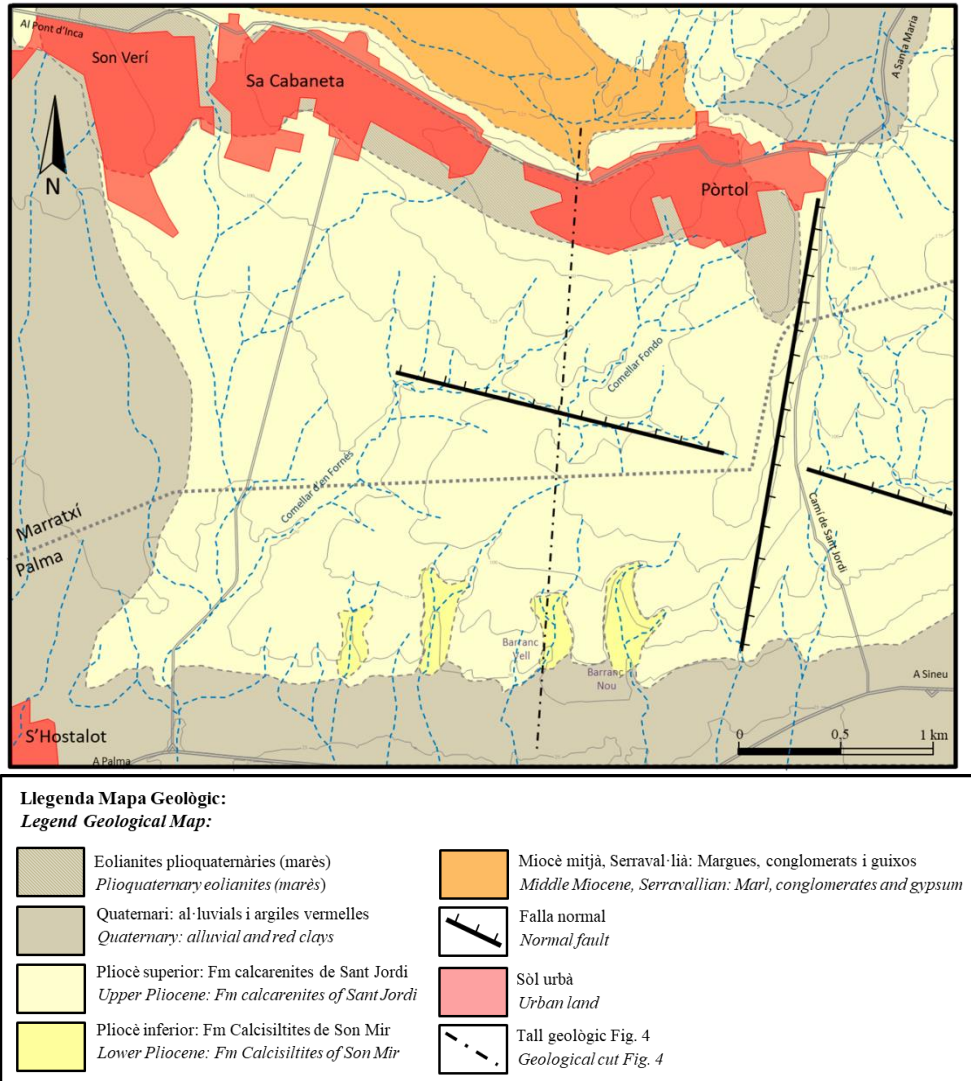
**Fig. 1.** Localització de l'àrea d'estudi i localització geogràfica de les fotografies citades en aquest treball.

**Fig. 1.** Location of the study area and geographical location of the photographs cited in this work.

Mentre que per quasi tots els vessants que defineixen la plataforma, aquests estan delimitats per cingleres que presenten alternants espadats de petites alçades, entre els 5 i 20 m, el vessant de ponent de la plataforma, seguint el cabussament general de tota ella, amb una topografia suau i progressiva, contacta amb el llinar nord-oriental de la Conca de Palma, passant els seus materials plio-quaternaris a estar superposats per dipòsits d'al·luvions quaternaris procedents del torrent de sa Mata o de Coanegra (Fig. 3).

L'altiplà constitueix un relleu monoclinat (Fig. 4), una plataforma tabular que per ubicar-la en el seu context estructural actual cal recórrer una mica enrere la història geològica de la contrada. A l'illa de Mallorca, acabada la fase compressiva de l'orogènia Alpina la va succeir una fase extensiva que ha durat fins a gairebé l'actualitat. No obstant això, treballs com els de Giménez i Gelabert (2002), Giménez (2003) o Sánchez-Alzola *et al.* (2014) posen de manifest que la distensió neògena avui ha finalitzat i la deformació cortical ha passat a caracteritzar-se per un règim propi d'un camp d'esforços d'esqueix amb moviments de tipus més direccionals. En aquest context estructural d'inici de fase extensiva, a la frontera entre la Serra de Tramuntana i la depressió central de Mallorca, transcorre la formació i evolució del solc sedimentari Neogen-Quaternari que, amb una

direcció SW-NE paral·lela a la Serra de Tramuntana, va des de la Badia de Palma fins a la Badia d'Alcúdia. A finals del Pliocè principi del Quaternari, el solc que fins aleshores era un, es va compartimentar amb tres conques alineades: la de Palma, la d'Inca i la d'Alcúdia, interferint la sedimentació neògena, a conseqüència de l'emersió de dos complexos conjunts d'elevacions amb estructures orientades NW-SE (Silva *et al.*, 1998).



**Fig. 2.** Mapa geològic de l'àrea d'estudi.  
**Fig. 2.** Geological map of the study area.



Un d'aquests complexos conjunts de relleu d'edat plio-quadernària, constitueixen l'anticlinori que fa de llindar entre les conques de Palma i la d'Inca. Aquesta barrera topogràfica està constituïda per les estructures de l'antiforme de Marratxí al NW i el seu homòleg del puig Son Seguí-Santa Eugènia al SE (Benedicto *et al.*, 1993). Sense dubte, la configuració d'aquestes dues estructures amb la direcció dels seus eixos NW-SE, implica que han sigut esforços NE-SW els que han originat el seu aixecament vertical plio-quadernari, han d'haver gaudit d'una mateixa gènesi i una certa sincronia en el temps de la seva formació. Això no obstant, si hom centra la seva atenció en el grau de desmantellament de les dues estructures, pareix que l'antiforme marratxiner suggereix una certa avantatja temporal al seu homònim veí del Puig Son Seguí –Santa Eugènia. Malgrat tot, el que sí sembla bastant probable és que ambdues estructures pareixen ésser el resultat del canvi del comportament de la Falla de Sencelles, passant de falla normal a presentar un desplaçament direccional (Giménez i Gelabert, 2002; Giménez, 2003; Mas, 2012; 2013; 2014).

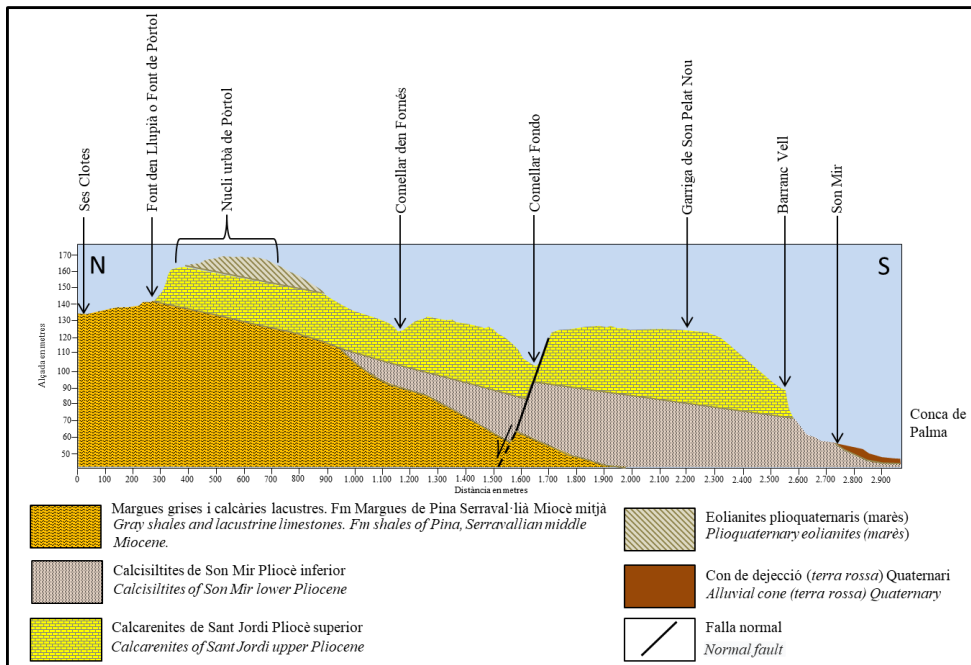


**Fig. 3.** A l'oest de l'àrea d'estudi la plataforma es cabussa baix potents dipòsits al·luvials corresponents al torrent de Coanegra.

**Fig. 3.** To the west of the study area the platform plunges under powerful alluvial deposits corresponding to the Coanegra stream.

El complex antiforme de Marratxí (Grimalt i Rodríguez-Perea, 1994), obert i amb una geometria de forma ovalada, ha donat lloc a una orografia que bé podríem considerar-se com la serra de Marratxínet, conformat per petits serrals que presenten uns modestos, però marcats i definits relleus, arribant als 229 m d'alçada en el sector septentrional de Can

Parrisco. Aquesta estructura antiforme, amb el seu eix central desplaçat lleugerament cap a la seva meitat septentrional, defineix una clara asimetria en la disposició de les seves dues vessants al mateix temps, que es troben separades per una petita vall oberta cap el NW (Son Cós - ses Clotes). Aquesta orografia evidencia un cert grau d'esventrament i posterior buidat per erosió remuntat de la xarxa torrencial que drena l'estructura antiforme (Silva *et al.*, 1998).



La vessant meridional de l'antiforme de Marratxí està configurat per l'altiplà Pòrtol - sa Cabaneta. Una plataforma que capbussa suaument ( $8-10^{\circ}$ ) cap a l'oest-sud-oest (Silva *et al.*, 1998). Aquesta plataforma (Fig. 4) formada per calcàries bioclàstiques està assentada de forma discordant sobre materials margosos i conglomerats del Miocè inferior i mitjà (Burdigalià–Serraval·lià anteriorment estructurats). No obstant això, l'altiplà està construït per tota la seqüència de materials corresponents a la transgressió pliocena. Així tenim que als cingles del vessant meridional de l'altiplà, situats just per damunt de la cota dels 50 m sobre el nivell de la mar, presenten a la base Calcisiltites de Son Mir (marges i limolites) del Pliocè inferior, i, cap a sostre, passen a la unitat de la Formació de Calcarenites de Sant Jordi (calcarenites bioclàstiques de gra decreixent cap a sostre) del Pliocè superior; per a culminar, a la part més septentrional i a cotes més elevades de l'altiplà (cota màxima de l'altiplà 186 m al nucli de Pòrtol), amb dipòsits d'eolianites d'edat plio-pleistocena corresponents ja a les fases regressives del Pliocè superior i del Quaternari inferior. Per altra part, els cingles septentrionals de la plataforma, que donen lloc als límits nord-est de

les poblacions de Pòrtol i sa Cabaneta, les calcarenites de Sant Jordi es troben de forma discordant sobre margues grises-verdoses ben estratificades corresponents a la formació de Margues de Pina del Miocè mitjà (Mas, 2015; Fornós i Gelabert, 1995).

La zona d'altiplà de Pòrtol - sa Cabaneta, des del punt de vista climàtic, es correspon amb un tipus semiàrid. Té una temperatura mitjana anual  $16^{\circ}$ - $17^{\circ}$  i una amplitud o oscil·lació tèrmica de  $14,5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ . En quant, a la precipitació té una mitjana anual entre els 400-500 mm.

Actualment l'ocupació del territori de l'àrea d'estudi, dels aproximadament  $14 \text{ km}^2$  d'extensió que té,  $3 \text{ km}^2$  es correspon amb un ús urbà,  $5 \text{ km}^2$  corresponen a un ús rururbà i a una activitat agrícola marginal majoritàriament de secar. Tot plegat, ocupa més del 50% d'àrea d'estudi, mentre que la resta està ocupat per vegetació natural. Així i tot els espais que avui presenten un estat "natural", és difícil destriar quins en èpoques anteriors també foren roturats per a un ús agrícola i quins no han sigut objecte d'alguna mena d'antropització.

La vegetació natural de la nostra zona es correspon amb la d'una vegetació esclerofilla on està representada per l'Associació *Oleo-Ceratonion*, una garriga amb un important predomini d'ullastres *Olea europaea* var. *sylvestris*, mates *Pistacia lentiscus*, espargueres especialment *Asparagus acutifolius*, porrasa *Asphodelus aestivus*, entre moltes d'altres espècies. Cal dir també, que a zones més humides es poden trobar alguns pins *Pinus halepensis* esclarissats. No obstant, on el substrat coincideix amb formacions dunars, el pinar agafa molta més presència i densitat.

## Antecedents

La zona que treballem al llarg del temps no ha mostrat excessiu interès geomorfològic. No obstant, de forma ocasional i indirectament, s'han fet aportacions als seus trets geològics i alguns esments i referències sobre el seu modelat. Així i tot, cal remarcar que sobre carst lliure o carst de subsòl no hem localitzat cap treball que faci una mínima menció específica a la nostra zona d'estudi.

Entre les aportacions més destacades i que d'alguna manera posen la zona en una escena científica, foren Pomar *et al.* (1983) que defineixen i descriuen la Formació de les Calcisiltites de Son Mir com el Pliocè inferior, treball realitzat a una localitat propera de la possessió del mateix nom. Aquest aflorament està situat a baix del cantell més meridional de la plataforma de la nostra àrea. Ramírez del Pozo *et al.* (1991), a la Memòria descriptiva de la fulla de Palma del *Mapa Geològic de España* 1:50.000, fan una descripció estratigràfica completa del Pliocè, edat geològica que assignen a tota la nostra àrea d'estudi a la cartografia abans esmentada. Silva *et al.* (1998) realitzen un interessant treball sobre la gènesi i evolució de l'antiforme de Marratxí en el qual aventuren algunes interpretacions que possiblement avui caldria que fossin revisades. Santandreu (2005) realitza un exhaustiu inventari espeleològic descriptiu de totes les cavitats subterrànies conegudes al terme de Marratxí, entre les quals algunes d'elles es localitzen dins l'àrea que ens interessa. Tal vegada per una qüestió de dimensions, no foren inclosos dins l'estudi que Rosselló (1985; 1998) realitzà sobre els torrents i barrancs que s'incideixen en el cantell de la plataforma oriental de la conca de Palma, però i malgrat la seva investigació només arribar fins al barranc de Pontiró, descriu i analitza qüestions morfològiques i genètiques d'aquesta xarxa



torrencial que per proximitat i genètica, sens dubte són interessants per a la interpretació dels barrancs que s'incideix a l'altiplà portolà. En el coneixement del pliocè, cal destacar la recent tesi doctoral (Mas, 2015) que, entre altres aspectes, realitza una acurada interpretació i descripció del Pliocè Mallorquí, on algunes localitzacions utilitzades per a l'anàlisi de perfils estratigràfics interpretats, es corresponen amb punts de la nostra zona de treball. Finalment, en aquesta mateixa línia de descriure els materials del Pliocè i per proximitat i similitud a la nostra àrea d'estudi, cal tenir també present la feina de Morey i Mas (2009).

## Materials i mètodes

Per a l'obtenció del reconeixement i avaluació de les diferents dinàmiques geomorfològiques i de les formes que les caracteritzen i que conformen l'àrea d'estudi, s'han anat utilitzant diferents fonts i eines d'informació:

- Gran part de la base cartogràfica utilitzada s'ha obtingut del Visor General *online* de la Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears IDEIB. No obstant això, també s'ha utilitzat els fulls corresponents del *Mapa Topogràfic Nacional de España* 1:25.000.

- Pel que fa a la informació geològica s'han empleat els fulls 698/723(IV) i 699 del *Mapa Geològic de España* 1:50.000 publicat per l'*Instituto Tecnológico Geominero de España*.

- S'ha realitzat una intensa revisió bibliogràfica del que s'ha publicat a la zona d'estudi sobre la seva geologia i geomorfologia, per tal de partir d'una base d'interpretació el més solida possible per definir quins són o han sigut els factors determinants o condicionants a l'acció del modelat. Igualment, s'han consultat d'altres bibliografies amb continguts adients al nostre interès, igual que fonts orals amb la intenció de localitzar indrets i aspectes que s'han trobat citats a la bibliografia consultada, etc.

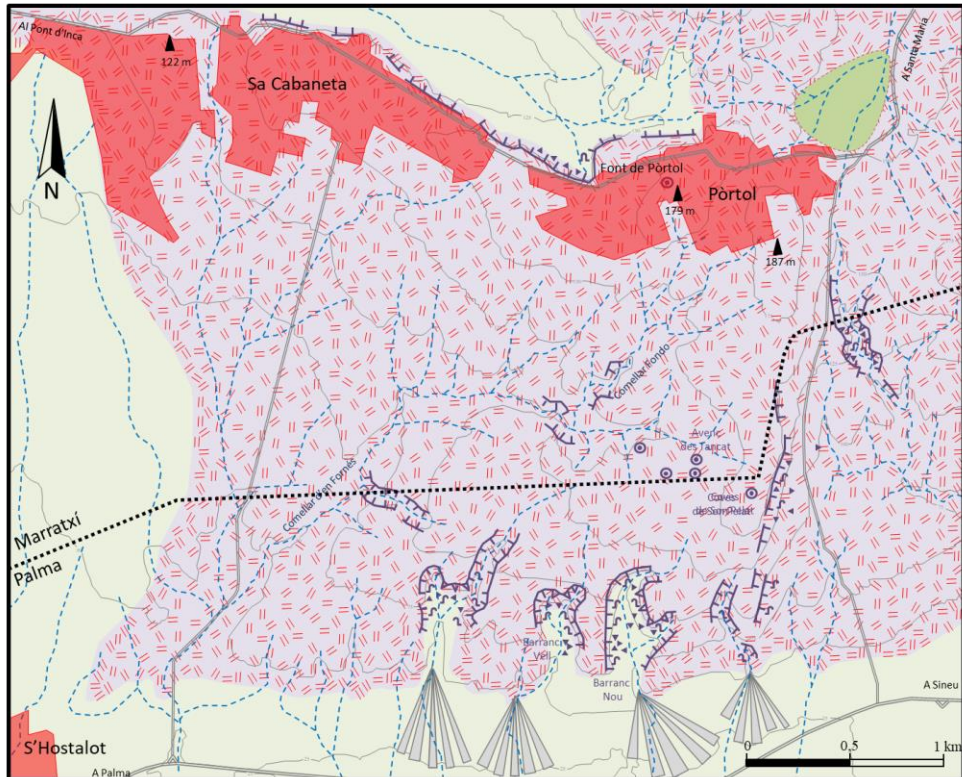
- Tota la recerca i anàlisi de gabinet, s'ha complementat amb una intensiva i sistemàtica feina de camp que ha abocat en la realització d'algunes cartografies de síntesis sobre diferents aspectes abiòtics de la zona.

- Per a la realització de la Cartografia Geomorfològica (Fig. 5) del nostre treball, hem agafat com a referent la realitzada per Werner F. Bär (1989) a l'Atlas Internacional del Carst -Full:5 *Lluc/Sierra Norte (Mallorca)*-.

## Resultats

La nostra àrea d'estudi forma part del vessant més meridional del conjunt de l'antiforme de Marratxí (Grimalt i Rodríguez-Perera, 1994; Silva *et al.*, 1998). Aquesta conforma una plataforma tabular elevada (Fig. 4), amb un suau pendent de cabussament cap al SW fins que desapareix baix antics dipòsits al·luvials del torrent de Coanegra a la part nord-oriental de la conca sedimentària de Palma (Fig. 3). Pels trets que acabam d'exposar, podem qualificar la nostra zona d'estudi com a un relleu monoclinal de *cuesta*. La unitat superior d'aquest relleu, està formada per un paquet de materials massissos corresponents a la Formació de Calcarenites de Sant Jordi del Pliocè superior i, localment, recobertes per dipòsits d'eolianites Plio-quadernàries. Al seu vessant nord (Fig. 5), delimitat de forma discontinua per un petit espadat o cinglera sense superar els 10 m d'alçada, es pot observar

com els materials pliocens s'assenten de forma discordant a sobre de materials margosos tous del Serraval·lià (Miocè mitjà). En canvi, a la seva vora més meridional, on desenvolupa tot una sèrie de barrancs a manera d'incisions d'erosió remuntant, es pot observar com aquests materials de la Formació de Calcarenites Sant Jordi i de forma concordant, es disposen sobre les margues amb "Amusium" de la Formació de Calcisiltites Son Mir corresponents al Pliocè inferior. Tot plegat, aquesta disposició estructural i les diferències estratigràfiques entre el vessant nord i sud de la plataforma i el mòdic bascula-



**Llegenda Mapa Geomorfològic:**  
**Legend Geomorphological Map:**

	Domini morfogenètic càrstic <i>Karstic morphogenetic domain</i>		Avenc <i>Sima</i>		Domini morfogenètic fluvio-torrencial <i>Fluvio-torrential morphogenetic domain</i>
	Depressió càrstica capturada <i>Captured karst depression</i>		Escarpament de 5-10 m <i>Escarpment of 5-10 m</i>		Con de dejecció <i>Alluvial cone</i>
	Balma <i>Balm</i>		Escarpament de 10-20 m <i>Escarpment of 10-20 m</i>		Sòl urbà <i>Urban land</i>
	Cova <i>Cave</i>		Caiguda de blocs <i>Fall of blocks</i>		Cantera de marès <i>Sandstone quarry (marès)</i>

**Fig. 5.** Mapa geomorfològic de l'àrea d'estudi  
**Fig. 5.** Geomorphological map of the study area.

ment vers al sud-oest, cal lligar-los i vincular-los directament amb la neotectònica recentment produïda per l'aixecament de l'antiforme de Marratxí.

Aquesta situació tectònica recent ha disposat un altiplà elevat respecta de les cotes de tot el seu voltant (Fig. 1). A més, la seva naturalesa litològica és remarcadament calcària el que afavoreix que sigui molt propensa a afavorir els processos de dissolució del seu rocam. La superfície topogràfica de la plataforma, malgrat que en un percentatge superior al 50% ha estat modificada per l'home en moments de creixement de la població i exasperació alimentària, constitueix un singular paisatge carstificat amb escultures de lapiaz poc pretensives estèticament, però que sens dubte, provocador a l'hora d'esbrinar la seva genètica i patrons de distribucions de les micro, meso i macro formes. Les evidències superficials indiquen que la solució aquosa de l'aigua de pluja de la zona, no només mostra efectivitat sobre el rocam exterior, sinó que també el seu treball es produeix per sota, baix una cobertura edàfica on segurament intensifica la seva efectivitat corrosiva. No obstant, la pobra presència de cavitats càrstiques conegudes, fa que la zona no aporti un gran interès a la Ciència Espeleològica. Tot plegat, la seva disposició topogràficament elevada respecte de tota la seva perifèria i la naturalesa calcària dels materials que conformen la plataforma tabular individualitzada de Pòrtol – sa Cabaneta i les formes observades a diferent escala, suggereix mirar la zona d'estudi com un petit idealitzat massís càrstic.

### **Modelat càrstic**

Les formes del carst són el resultat de la dissolució de les roques de naturalesa calcària baix el control de diversos factors físico-químics. Ginés (1990) va permetre trobar la Serra de Tramuntana com l'espai amb els condicionants ideals per a dur a terme la seva investigació i poder establir una zonificació altitudinal dels camps de lapiaz. En els seus resultats exposar l'evidència d'una bona concordança amb la distribució de les comunitats vegetals amb els principals gradients climàtics, tals com la temperatura mitjana i la quantitat de precipitacions, amb en relació a les formes de lapiaz que és poden trobar (Fig. 6). Seria poc oportú deixar passar l'oportunitat i no esmentar altres condicionants claus que cal afegir a l'hora d'explicar el carst, com són: la topografia, la litologia i la tectònica. A més a més, en formes de dimensions micro i meso del lapiaz, també agafen una certa rellevància en la seva explicació, encara que poc coneguda, la presència de fongs, algues i líquens instal·lats a sobre de la superfície del rocam.

La naturalesa litològica i la presència d'una cobertura edàfica sobre la superfície del carst o pel contrari una exposició directa del rocam a la intempèrie, diversifica la trama d'interrelacions amb el medi, de tal manera que es dona una àmplia i complicada gama de formes resultants, difícil de sistematitzar la seva classificació. Malgrat tot, si que una indiscutible primera divisió dintre la carstologia, es correspon en primer lloc, a les formes de carst desenvolupades baix l'epidermis del sòl, el criptolapiaz, i l'endocarst desenvolupat a l'interior del rocam. En segon lloc, tenim les que han evolucionat de forma lliure a cel obert l'exocarst. A una escala petita, de detall, la varietat de formes del lapiaz pot ser enorme (Ginés, 2009), per això hem optat per utilitzar el criteri i la proposta de Ginés (1990) on, com bé ell explica, s'adapta a les circumstàncies concretes de l'estudi del carst mallorquí, intentant conjugar criteris genètics amb caràcters morfològics.



**Fig. 6.** Aspecte general del paisatge càrstic de l'àrea d'estudi.

*Fig. 6. General view of the karst landscape of the study area.*

### ***L'exocarst***

El rocam calcari una vegada queda desproveït de la cobertura edàfica i sobre l'herència del cripto-lapiaz que es va exhumar per l'erosió del sòl, es pot veure sotmès a la sobreimpressió de formes pròpies del carst lliure o subaeri, que a la nostra zona d'estudi no agafen una notorietat important, per la baixa mitjana anual de precipitació, però sí que mostra una intensa presència de formes de lapiaz pròpies als trets de la nostra zona.

Quan la cobertura edàfica s'erosiona i es perd, sigui de forma natural (canvi climàtic, desforestació, etc.) o antropogènica (tales, incendis, pastoreig intensiu, roturació, urbanització, etc.), les formes de dissolució internes exhumades van essent substituïdes per d'altres que tan sols es poden originar a l'aire lliure sobre roca nua (Fig. 7). Des d'aquest moment, l'exposició a la quantitat, duració i intensitat de pluja, igualment que el règim de distribució anual d'aquesta precipitació, té en el modelat d'unes o altres formes sobre el rocam calcari una importància decisiva. Així i tot, la interferència de la resta de components climàtics: la temperatura, l'aigua de fusió de la neu, la roada, les gelades, l'aridesa també poden provocar interferències considerables (Ginés, 1990).

A la nostra zona d'estudi, el primer que s'ha de remarcar és el control que exerceix sobre el tipus de lapiaz que trobem, a part dels més que evidents e innegables controls climàtics, és l'elevada fracturació o diaclasament del rocam. Cal recordar que estem a l'àrea d'influència de l'aixecament de l'antiforme de Marratxí, que va bascular i elevar les unitats corresponents al Pliocè a cotes superiors que les originals de la seva deposició i, que



avui, encara mantenen altres localitats on afloren aquests materials pliocènics l'Illa i que no s'han vist afectats per processos tectònics. Aquesta neotectònica recent ha sotmès aquests rocams esforços importants que han esquarterat de forma intensa la unitat més carstificable i soluble de les calcarenites del Pliocè superior. A tot plegat, cal afegir-hi la debilitat dels plans d'estratificació que actuen com indrets preferents de la circulació d'aigua, potenciant la corrosió interna del rocam que amb l'increment del pendent intensifica la individualització de blocs de rocam de molt diferents dimensions (Fig. 8). Als costers amb pendents superiors, a més de la carstificació s'implica també la feina de la dinàmica de vessants. Així a les zones de pendents superiors, s'estableixen perfils locals escalonament del vessant molt relacionats amb la gruixa de les capes del rocam.



**Fig. 7.** Es pot observar com, des de la base del lapiaz amb superfícies allisades i formades baix sòl, cap a la part superior del lapiaz s'incrementen les formes de modelat de carst lliure per gotes de pluja.

**Fig. 7.** It can be seen that, from the base of the lapiaz with smoothed surfaces and formed below ground, towards the top of the lapiaz the forms of free karst molding are increased by rain drops.

La forma bàsica de lapiaz que trobem a la zona que ens interessa, és la que es correspon amb uns afloraments de roca allargassats i amb els seus eixos longitudinals entorn d'una orientació NE-SW. L'escala horitzontal és mètrica, però algunes escultures o còssos de lapiaz poden arribar a una escala decamètrica. Pel que fa a les seves alçades, no solen sobrepassar el metre i la descripció de la seva forma volumètrica, en molts de casos, es podria assimilar com si es tractés de "barques capgirades" a una platja o "esquenes de balenes" mostrant-se per sobre la superfície del mar (Fig. 9). Tot pareix apuntar que es tracte d'un lapiaz controlat pel diaclasament (*Kluftkarren*). La separació entre i entre lapiaz, la formen esquerdes que es troben farcides d'argiles de descalcificació (*Terra rossa*) que arriben fàcilment a més d'un metre d'amplitud.



**Fig. 8.** Els materials de la plataforma de Pòrtol – sa Cabaneta es troben molt diaclasats degut a la recent neotectònica. L'esquarterament facilita la tasca de la solució i individualització de blocs.

*Fig. 8. The materials of the Pòrtol - sa Cabaneta platform are very difficult to find due to the recent neotectonics. Cracking facilitates the task of solving and individualizing blocks.*



**Fig. 9.** Les escultures de lapiaz, una vegada afloren, mostren una disposició allargassada d'escala mètrica.

*Fig. 9. The lapiaz sculptures, once they appear, show an elongated arrangement of metric scales.*





**Fig. 10.** Exemple de lapiaz pedregós. A) situació estable *in situ* i les zones intersticials entre blocs disgregats plenes de *terra rossa* en indrets plans o de poca pendent. B) Acumulació de blocs disgregats per l'acció mecànica en vessants de major pendent.

**Fig. 10.** Example of stony lapiaz. A) stable situation *in situ* and the interstitial areas between disintegrated blocks full of *terra rossa* in flat or low slopes. B) Accumulation of blocks disintegrated by mechanical action on steeper slopes.



Cal també fer esment, que trobem zones amb extensions que van d'uns quants m<sup>2</sup> a centenars de m<sup>2</sup>, on predominen la presència de petits blocs, trossos de roca individualitzats d'escala centimètrica, molt angulosos i irregulars. Aquestes superfícies de lapiaz pedregós, producte de la disgregació i desmantellament de la roca calcària o dels propis lapiaz preexistent com a conseqüència de l'acció conjunta entre la dissolució i la inestabilitat mecànica (Ginés, 1999). A l'àrea d'estudi aquest lapiaz pedregós, mostra petites diferències en funció del pendent del terreny. Quan aquest és pla o té una mínima inclinació, la superfície pedregosa es caracteritza per tenir un cert encaix, unes al costat de les altres de forma ordenada, de les diferents peces del rocam que s'han disgregat; formant així, el que podríem dir un empedrat encara subjectat pel reblliment intersticial que li proporciona la mateixa *terra rossa* producte de la dissolució (Fig. 10A). A mesura que el vessant incrementa el seu pendent, la inestabilitat es fa més patent i el pedregam es queda sense cap mena de subjecció a la seva base i laterals quan es perd per l'erosió la *terra rossa*. Tot plegat incrementa els desplaçaments mecànics dels blocs pendent a baix, provocant indrets amb una certa acumulació d'aquests tipus de lapiaz pedregós (Fig. 10B). Tal com el considera Ginés (1999) podria interpretar-se com a un procés propi de la dinàmica de vessants, però en tenir la dissolució una implicació directa en la seva formació, cal considerar-lo com un tipus de lapiaz diferenciat.

Sigui sobre les planes superiors del lapiaz exhumat o sobre blocs del rocam ja individualitzats les superfícies irregulars i els pouets de dissolució (*Rainpits*) són les formes que hi trobem (Fig. 11A, B). Aquestes solen presentar-se en grups i son el modelat que predomina en els camps de lapiaz de Mallorca entre el 0 i 200 metres sobre el nivell de la mar (Ginés, 1999; Ginés i Ginés, 2011). Els pouets són formes de carst lliure de forma circular en planta i semiesfèrica o parabòlica en secció i presenten una escala petita, centimètrica d'entre 1 i 4 cm de diàmetre i no solen superar els 2 cm de profunditat. La seva gènesi està controlada hidro-dinàmicament per gotes d'impacte produint un entorn de solució per precipitacions directes; és a dir, els pouets (*Rainpits*) es formen per l'impacte directe de les gotes de pluja en superfícies de roca nua, però només a les parts elevades planes on no es produeixen pel·lícules gruixades d'aigües (Ginés i Lundberg, 2009). No obstant, no es pot oblidar en la seva formació l'aigua quieta retinguda per la pròpia forma o irregularitats del rocam que pot arribar a donar la coalescència entre formes individuals. El sobreeximent de la pròpia capacitat d'aquestes petites concavitats, en molts de casos, l'aigua sobrant circula d'un pouet al següent que té una posició una mica més baixa respecte al pla de superfície del lapiaz. El resultat és una trama de canaletes que passen d'una definició més subtil a l'inici a una més definida al llarg del seu recorregut (*Decantation flutes*), amb direccions que van favor del pendent de la superfície del lapiaz. Aquestes canals són també d'escala centimètrica i les seves seccions són en forma de U. A vegades, aquestes canaletes poden arribar a connectar un nombre considerable de pouets a mode de rosari i amb un recorregut meandriforme i escalonat (Fig. 12).

Encara que la mitjana de precipitació de la zona és baixa, hi ha estries de lapiaz (*Rillenkarrren*). No obstant, pel grau de presència diríem que quasi que hi són de forma casual, són curtes i poc desenvolupades, trets morfològics propis a les condicions d'aridesa de la zona que descrivim (Fig. 13). Aquestes, no solen sobre passar la vintena de cm de llargària, amb una amplària de dos a tres cm. Només apareixen en les protuberàncies de rocam més altes i a les cares de les plataformes rocoses que la seva superfície té un major



**Fig. 11.** Pouets de dissolució (*Rainpits*). A) Vista zenital d'una superfície plana irregular amb la presència de nombrosos pouets de dissolució. B) Vista en secció de diferents pouets i la seva interconnexió entre ells.

*Fig. 11.* Dissolution wells (*Rainpits*). A) Zenith view of an irregular flat surface with the presence of numerous dissolution wells. B) Sectional view of different wells and their interconnection.



pendent. Cal dir que als llocs a on les hem observades, les escultures de lapiaz que les contenen suggereixen un llarg temps d'exhumació i exposició directa a la pluja. Ginés i Lundberg (2009) apunten que les gènesis de *rainpits* i *rillenkarren* poden estar relacionades, malgrat que no tenen per què demostrar dependència una de l'altre, al mateix temps que poden aparèixer de forma indistinta una de l'altre. No obstant, sí que a la nostra àrea d'estudi les estries de lapiaz (*Rillenkarren*) que citem, i al nostre entendre, pareix que té una clara dependència evolutiva dels pouets de dissolució (*Rainpits*) preexistents. Tant és així que l'interior de les canals de les estries són de fons molt irregular, provocat per petites concavitats que es poden relacionar a pouets desfigurats que, quan al vessant del lapiaz on apareixen va guanyant pendent, evolucionen a estries.



**Fig. 12.** Quan una superfície té pendent es formen canaletes sobreeiximent, on un nombre considerable de pouets (*Rainpits*) poden arribar a ser connectats a mode de rosari i amb un recorregut meandriforme i escalonat.

*Fig. 12.* When a surface is sloping, overflow channels are formed, where a considerable number of rainpits can be connected in the form of a rosary and with a meandering, stepped path.

Dins el concepte de formes de lapiaz genèticament lligades a aigües quietes, estancades, tenim els cocons o cubetes de dissolució (*Kamenice*). En els paisatges càrstics on l'aridesa és el seu tret climàtic, aquestes formes de dissolució en són força abundants (Fig. 14). Sobre la plataforma de Pòrtol –sa Cabaneta la seva presència és més que notable, tenen una planta circular o amb tendència el·líptica, amb un diàmetre d'escala centimètrica. A la part exterior, en el cantell amb contacte amb la superfície externa del rocam, el perímetre

de la forma és menor que el seu perímetre a la base de la part interior de la cubeta, al mateix temps que presenten un fons pla i uns laterals amb un perfil còncav, com si es tractés d'un petit extra-plom corbat cap al seu interior. La profunditat observada en els cocons de la nostra àrea no superen els 10 cm. Les cubetes que evolucionen cap aquestes característiques són depressions que una vegada s'atura la pluja, l'aigua arreplegada es manté en el seu interior fins a la seva pèrdua amb el temps per evaporació.



**Fig. 13.** Les estries (*Rillenkarren*) són curtes i poc desenvolupades amb un fons irregular de les canaletes. Poden presentar-se relacionades amb pouets de dissolució (*Rainpits*). Aquests trets morfològics estan subjectes a les condicions d'aridesa de la zona que descrivim.

**Fig. 13.** The stretch marks (*Rillenkarren*) are short and underdeveloped with an irregular bottom of the gutters. They may be related to dissolution wells (*Rainpits*). These morphological features are subject to the aridity conditions of the area we describe.





**Fig. 14.** Cubeta de dissolució de fons pla i laterals còncaus (*Kamenice*). El diàmetre en el cantell superior de la cubeta a la part superficial és de 13 cm.

**Fig. 14.** *Dissolution basin with flat bottom and concave sides (Kamenice). The diameter at the top edge of the bucket on the surface is 13 cm.*

Malgrat que hi trobem formes que responen a la descripció teòrica d'una cubeta de dissolució, també tenim una major presència de cubetes on el perímetre exterior pot arribar a ser molt més gros, més irregular i el fons no acaben de ser plans, sinó amb una certa disposició en embut (Fig. 15A). Amb l'observació de camp, tot apunta al fet que aquestes formes malgrat puguin mantenir l'aigua quieta durant un cert temps després de l'episodi de pluges, aquesta acaba infiltrant per algun punt del seu interior, fet que fa que perdi l'aigua de forma més ràpida que les cubetes de fons pla, que la retenen fins que s'eixuguen per evaporació. A més a més, cal citar que d'aquesta segona tipologia de cubetes, en trobem que estan farcides de *terra rossa* fins arran de la superfície del rocam (Fig. 15B). Aquesta situació de rebliment, que evidencia una seva gènesi de la seva formació en el subsòl, permet la *terra rossa* pugui retindre la humitat que acumula durant més temps. Així en les cubetes farcides, el rebliment constitueix un element d'efectivitat corrosiva a l'interior d'aquestes concavitats no exhumades del tot, i per aquest fet alguns autors les classifiquen com a formes de lapiaz de subsòl (Zseni, 2009).



**Fig. 15.** A) Cubetes de dissolució de fons en embut i planta irregular. L'amplada de la vista és de 40 cm. B) Cubetes de dissolució de planta irregular amb el seu rebliment des del seu origen.

**Fig. 15.** A) Dissolution baskets in funnel and irregular plant. The width of the view is 40 cm. B) Dissolution basins of irregular plant with their filling from the beginning.



Una altra forma de lapiaz lliure que es pot observar a la nostra zona és la produïda per aigua adherida a la roca (*Cavernous weathering*). Aquesta té lloc al rocam que es troba amb una disposició vertical, on s'hi esculpeix superfícies amb una elevada rugositat formades per tot una distribució de petits alvèols com si fossin pouets (*Rainpits*), però amb una secció individual horitzontal i a sobre una superfície vertical (Fig. 16). No està gens clar quins són els processos que intervenen en la seva formació, però al no poden ser les gotes de pluja el principal mecanisme que justifiqui la seva formació, no és poden reconèixer com a *rainpits* (Ginés i Lundberg, 2009). A la nostra àrea d'estudi, aquestes superfícies cavernoses es poden observar als paraments verticals dels cingles que delimiten l'àrea de la plataforma analitzada.



**Fig. 16.** Alvèols amb una morfologia de pouet (*Rainpit*), però amb una secció individual horitzontal i a sobre una superfície vertical, el que fa pensar amb l'aigua que s'adhereix a la roca com la seva possible gènesi (*Cavernous weathering*). L'amplada de la vista és de 1,5 m.

**Fig. 16.** Alveoli with a pouet morphology (*Rainpit*), but with a single horizontal section and on a vertical surface, which he thought of with water that attaches to the rock as his possible genesis (*Cavernous weathering*). The width of the view is 1.5 m.

A quasi bé la totalitat de les bases d'aquests cingles limítrofes de la zona d'estudi es caracteritzen per la presència de balms, més o menys, desenvolupades les quals formen part del mecanisme que explica el retrocés d'aquests espadats. La seva localització coincident amb el contacte de diferents materials litològics, és sens dubte un fet inqüestionable alhora d'explicar l'erosió diferencial com el mecanisme de la seva dinàmica.

A la base de les balmes, la regulació del perfil d'equilibri vessant a baix, dependrà de la presència de margues corresponents a la formació de Calcisiltites de Son Mir en unes localitats i les margues del Serraval·lià de Miocè mitjà en altres, que s'acomodaran al perfil segons els processos de la mateixa dinàmica de vessants. Tot plegat, justifica una part del descalçament que suporta la unitat de materials més durs i carstificables de la formació de Calcarenites de Sant Jordi (Fig. 17). No obstant això, als interiors i sostres d'aquestes balmes s'hi poden observar diferents processos lligats a la dissolució del rocam, com ara l'exhumació de conductes i cavitats producte de l'endocarst. A més a més, a parets i sostres, també és freqüent observar formacions alveolars que poden anar d'uns quants centímetres de diàmetre a més de la vintena de centímetres de diàmetre. En aquestes formacions alveolars es denota l'efectivitat de la corrosió per la humitat que hi arriba per percolació des de la part superior. La meteorització dels dipòsits de lumaquelles i calcarenites que formen les balmes, deixa una patina debilitada i polsegosa adherida com a restes de la disgregació. En quant es produeix un episodi ventós aquestes partícules soltes són remogudes pel flux eòlic que pot entrar a la cavitat de forma turbulenta, de manera que l'abrasió que provoquen modela en formes d'alvèols els punts d'una major debilitat del rocam. En aquests casos és clar que ens apropem d'alguna manera a una forma i gènesis com la dels tafones (*Taffoni*) (Fig.18).



**Fig. 17.** Les balmes es desenvolupen a la base dels espadats i són el resultat de la combinació de diferents processos que interactuen alhora provocant un descalçament del rocam i amb el temps el seu col·lapse.

**Fig. 17.** *The caves develop at the base of the swords, and are the result of a combination of different processes that interact at the same time, causing a barefoot to bark and eventually collapse.*



En funció del grau de fracturació o diaclasament del material situat per sobre de les balmes i quan aquestes arriben a una profunditat important, de forma mecànica es produeixen col·lapses, normalment només d'una part, de les seves viseres superiors.



**Fig. 18.** Les formacions alveolars que de forma freqüent apareixen a les parets i sostres de les balmes, són el resultat de la dissolució i de l'acció de l'abrasió eòlica en els episodis ventosos. L'amplada de la vista és de 35 cm.

**Fig. 18.** *Alveolar formations that frequently appear on the walls and ceilings of the caves are the result of their dissolution and the action of wind abrasion in windy episodes. The width of the view is 35 cm.*

Una vegada feta la descripció de les formes de l'exocarst de la zona, es posa en evidència que aquest paisatge càrstic no gaudeix de formes molt espectaculars, inclús en els sectors molt antropitzats costa d'observar processos i formes de corrosió, sens dubte aquest fet és una de les conseqüències de les escasses precipitacions de l'àrea. No obstant, aquestes minses precipitacions afavoreixen que si hi hagi instal·lat damunt del rocam una estesa i densa patina de líquens xèrics que colonitzen considerables superfícies que pot arribar a cobrir el 100% de la roca exposada (Fig 19). Segons Ginés (1990), són segurament l'agent de meteorització més important en aquestes zones, per qual cosa, malgrat sigui molt poca la feina d'investigació feta en aquesta línia, autoritza a parlar en propietat de la importància que ha de tenir el biocarst en aquesta zona semiàrida.



**Fig. 19.** Instal·lants sobre les superfícies lliures del lapiaz, trobem una estesa i densa patina de líquens xèrics que poden arribar a colonitzar el 100% de la roca exposada. A la fotografia es poden observar les següents tipus: color gris-blancinós *Verrucaria* sp.; color negre *Collema* sp. i color groc *Caloplaca* sp. L'amplada de la vista és de 35 cm.

**Fig. 19.** Installing on the free surfaces of the lapiaz, we find an extended and dense patina of xeric lichens that can reach must colonize 100% of the exposed rock. The following types can be seen in the photograph: gray-whitish *Verrucaria* sp.; black color *Collema* sp. and yellow *Caloplaca* sp. The width of the view is 35 cm.

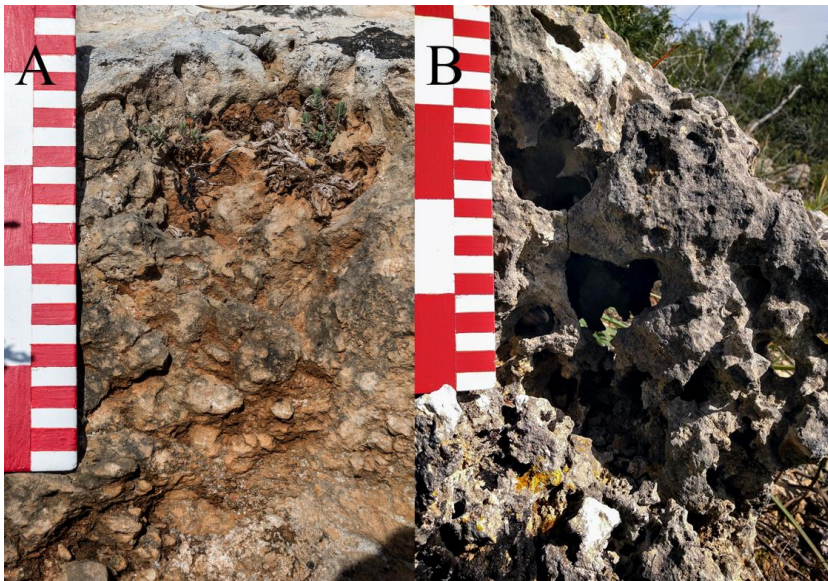
### **Carst de subsòl**

Parlem de lapiaz quan identifiquem escultures de roca modelades per la corrosió en condicions subaèries, no obstant, amb anterioritat a la seva exhumació, provocada per diferents processos de degradació fins a arribar a la desaparició de la vegetació i a l'erosió



de les formacions edàfiques, durant mil·lennis ja s'han anat modelant com a formes de lapiaz cobert (*criptolapiaz*). Aquestes, quan són recentment exhumades, presenten formes suaus, allisades i amb escaires molt arrodonides. En canvi, tenen una manca absoluta de les formes aspres i remarcades de lapiaz lliure, resultants d'aigua de pluja quan aquesta impacta o es mou com escorrentia difusa o concentrada per la superfície del rocam.

Carst de subsòl, carst subcutani, lapiaz cobert, lapiaz subedàfic, criptolapiaz són termes que diferents autors han anat utilitzant per referir-se a una zona determinada dels processos de carstificació, a on es produeixen formes de corrosió pel contacte directe de la roca amb la cobertura edàfica (Zseni, 2009). Coincideix amb la franja de regolita on la meteorització de la roca mare va proveint de partícules als processos de formació de sòl. També i a causa de la concentració més gran de CO<sub>2</sub> i un període de temps més llarg de contacte directe de l'aigua amb la roca, és on la dissolució de la pedra calcària és més intensa, fins al punt que la taxa de denudació de la pedra calcària, és més alta en el cas del subsòl que en el carst subaeri nu. En aquest sentit, si a més tenim una bona cobertura vegetal en superfície, la interfase roca-sòl sol ser encara més efectiva amb el modelat del carst de subsòl, ja que li proporciona unes majors concentracions de CO<sub>2</sub> que en superfície (Ginés, 1990). En aquest sentit i com apunta Ginés (1999), els processos de meteorització a les calcàries mostren una important correlació entre el tipus de lapiaz present i la comunitat vegetal que ocupa el camp. Aquesta correlació es dona a l'altiplà de Pòrtol entre la presència de pi (*Pinus halepensis*) i la porrassa o albó (*Asphodelus aestivus*) amb l'existència de lapiaz subedàfic o criptolapiaz, correlació ja observada per A. Ginés (1999) i citada a llocs de la franja de baixa altitud de la Serra de Tramuntana.



**Fig. 20.** Carst cavernós (*Cavernous karren*). A) Es poden observar les concavitats encara a mig exhumar i farcides de sòl. B) Resultat laberíntic d'un carst cavernós totalment exhumat i sense sòl.

**Fig. 20.** *Cavernous Carst* (*Cavernous karren*). A) *Concavities still half exhumed and filled with soil can be observed.* B) *Labyrinthic result of a cavernous karst completely exhumat and without soil.*

Una altra qüestió important és que moltes d'aquestes formes de subsòl, una vegada són exhumades perduren passives a la intempèrie on progressivament són modificades per les condicions subaèries, que amb el temps poden arribar a sofrir modificacions de les seves característiques originals amb total consonància amb els processos del modelat del carst lliure. Un exemple eloqüent és que la gènesi inicial dels cocons o cubetes de dissolució (*Kamenice*) fos baix sòl, tant en un tipus com en l'altre anteriorment descrits, mentre que els seus trets morfològics actuals han sigut adoptats després de la seva exhumació.

Una forma comuna al carst de subsòl és el carst cavernós (*Cavernous karren*). Les seva característica principal és que són obertures de petites cavitats amb interconnexions complexes que responen a un patró de distribució irregular. No es tracta d'una sola forma sinó d'un entramat connectat i en gran part reblit de sòl (Fig. 20). En els exemples de cavitats de carst cavernós que nosaltres hem pogut observar en algun lapiaz semi exhumat, l'escala de les formes no sobre passa les mesures centimètriques del seu diàmetre, mentre que alguns autors manifesten que poden arribar a superar l'escala mètrica (Zseni, 2009). També la bibliografia apunta que l'evolució d'aquests canals de corrosió del subsòl és ajudada pels àcids de les arrels de les plantes més grans i d'una producció intensa de CO<sub>2</sub> per part dels microorganismes que envolten el sistema de la rizosfera.



**Fig. 21.** Pou de dissolució (*Karren wells*). Es pot observar les parets de l'interior són allisades amb formes arrodonides resultat de la seva formació amb contacte amb sòl. Encara el seu fons es troba reblit de terra rossa que reten la humitat i la corrosió segueix incrementant, sobre tot en profunditat, les dimensions del pou.

**Fig. 21.** *Dissolution well (Karren wells). It can be seen that the interior walls are smoothed with rounded shapes as a result of their formation in contact with the ground. Still its bottom is filled with blond soil that retain moisture and corrosion continues to increase, especially in depth, the dimensions of the well.*



De forma més puntal i localitzada, però no exempta a la zona, trobem pous de dissolució (*Karren wells*). Des de la superfície del paisatge càrstic que analitzem, trobem de forma mig exhumada de pous de dissolució, que formats en condicions subcutànies, avui des del seu forat exterior ens permet observar com s'endinsen en el subsòl (Fig. 21). Formats per l'aigua d'infiltració, són exhumats a l'exterior per la pèrdua del sòl, fins que s'arriba a un punt en que les partícules insolubles (argiles de descalcificació) queden atrapades en el seu propi interior, seguint exercint la corrosió i incrementat sobretot la seva profunditat. Els exemples que hem pogut observar presenten una bocana des de 10-15 cm a 30-40 cm de diàmetre en el seu eix més llarg, ja que presenten una planta amb tendència el·líptica i una profunditat que pot oscil·lar des d'una desena de cm fins al metre des de la superfície exterior. Les formes internes del tub o canal del pou, les constitueixen parets amb superfícies allisades i formes irregulars arrodonides, coherents a la corrosió provocada pel contacte del sòl amb la roca en les formes del criptolapiaz (*Subsoil karren*).

Aquestes superfícies allisades també es poden observar a la seva base i als primers centímetres del terra d'alguns cossos de lapiaz exhumats més recentment. En aquests casos els processos de corrosió exterior encara no han modelat amb la mateixa intensitat que la part superior del lapiaz, que dur més temps d'exposició a la dissolució dels agents exteriors. Aquestes formes ens deixen clar l'existència d'una franja entre un primer estadi de formació del lapiaz subcutani i un modelat del lapiaz lliure totalment descobert (Ginés i Ginés, 2011).



**Fig. 22.** Corredors de dissolució (*Rundkarren*). Es pot observar una xarxa de corredors disposats paral·lels al lapiaz que aflora i coberts de sòl i abundant vegetació. Van en direcció a l'angle inferior esquerra de la fotografia sobre una superfície més o menys plana.

**Fig. 22.** *Dissolution Brokers (Rundkarren). You can see a network of corridors arranged parallel to the outlying lapiaz and covered with soil and abundant vegetation. They are heading in the lower left corner of the photo on a more or less flat surface.*

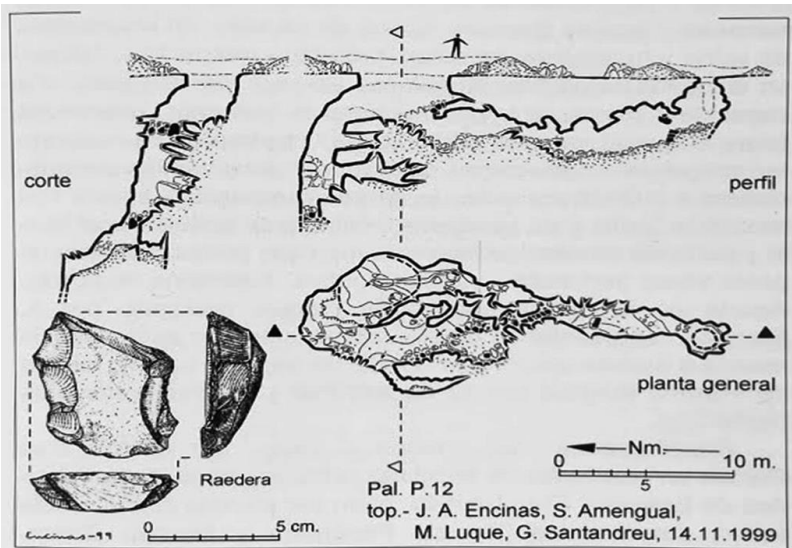
Una altra forma genèticament emmarcada dintre del carst format a l'epidermis del subsòl són els corredors de dissolució (*Rundkarren*) (Zseni, 2009). Aquests tenen unes seccions arrodonides i superfícies llises que normalment s'eixamplen i aprofundeixen aigües avall. Tenen una certa semblança amb els *rinnenkarren* malgrat que aquests darrers es desenvolupen en superfícies exteriors i són més nítids amb fons arrodonits. L'amplada de *rundkarren* pot variar entre els 2 i els 50 cm, la seva profunditat pot arribar fins als 50 o més cm i la seva longitud pot anar d'uns quants centímetres a més de 10 m (Fig. 22). Entre ells solen estar relacionats i funcionen com una xarxa de drenatge dendrítica d'una superfície més o menys plana, fins que s'incrementa el pendent i aflora la roca. Les mides que el *rundkarren* pot arribar a adquirir, sol estar relacionat amb el temps que dura l'etapa que el corredor estigui cobert de sòl. Però també, depèn de la capacitat de la dissolució dels processos que es donen sota el sòl.

### **L'endocarst**

Malgrat tot, de l'abast real del criptolapiaz, com és comprensible i per raons obvies, no és fàcil fer-ne una descripció exhaustiva. En aquest sentit i en alguns casos, són molt més assequibles altres formes subterrànies, com són les cavitats horitzontals o verticals a les quals està lligada la corrosió i dissolució de la calcària. No obstant, al localitzar-se normalment a la zona vadosa, en el món de l'endocarst no només cal parlar de formes de dissolució, sinó que també cal fer-lo de les formes de deposició, de precipitació de carbonats. Marratxí en el seu conjunt no n'és un territori excessivament afavorit en l'existència coneguda d'aquest tipus de formacions subterrànies. D'un inventari d'aproximadament 31 cavitats al llarg de tot el terme municipal (Santandreu, 2005) la majoria són petites cavitats horitzontals que han sigut ocupades des de temps immemorials per l'home, raó per la qual mostren un major interès arqueològic i antropològic, que espeleològic. De fet i des d'un punt de vista geomorfològic, moltes d'aquestes cavitats cal interpretar-les més com a balmes que com a coves i així ens hem referit a elles quan hem descrit les formes de l'exocarst, on a més, hem explicat la seva implicació mecànica directa en el retrocés dels cingles que delimiten la plataforma.

Així i tot, dintre del territori que analitzem trobem tota una sèrie d'avencs que si són producte de la corrosió i dissolució en profunditat, malgrat que aquestes també tenen una component genètica de naturalesa tectònica. Santandreu (2005) autor de l'esmentat inventari, cita la presència a la contrada de les Quarterades d'en Rafel i la veïna garriga de Son Pelat, aquesta darrera ja dintre el municipi de Palma, l'existència d'una àrea de concentració d'avencs. En el seu inventari descriu l'avenc del Tancat, que té un curt recorregut i una fondària màxima de 5 m, però malgrat les seves petites dimensions sí que presenta espeleotemes com colades parietals i estalagmites. L'autor també cita les coves de Son Pelat, de molt més recorregut i una decoració d'espeleotemes més rica que la d'es Tancat (Fig. 23 A i B) (Encinas, 2014). També esmenta l'existència de moltes altres boques que es troben en zones de propietats privades, on algunes han sigut obstruïdes per temes de construcció d'edificis o per seguretat. Tot plegat el que si és cert, és que en aquesta concentració d'avencs reuneix una àrea on la carstificació interna de la plataforma ha de ser important i no lleva que altres zones de la unitat de calcarenites de Sant Jordi puguin presentar trets de carstificació interna similar sense que hagin aflorat a l'exterior. Molts d'aquests avencs foren localitzats en el moment en què una part important del territori fou

roturat per a posar-lo en explotació agrícola, fet que implica que molts avencs fossin condemnats just fossin trobats. Els avencs que hem pogut trobar i localitzar, apareixen cartografiats al mapa geomorfològic (Fig. 5).



**Fig. 23.** A) Entrada a l'avenc de les Coves de Son Pelat. B) Topografia de la mateixa cavitat publicada al *Cronicon Carvernario* (Encinas, 2014).

**Fig. 23.** A) In Entrance to the Sima of the Coves de Son Pelat. B) Topography of the same cavity published in the *Cronicon Carvernario* (Encinas, 2014).



Com a darrer apunt al món subterrani de la contrada que estudiem, cal dir que són ben poques les surgències d'aigua naturals. A part d'alguns degotissos o petits fils d'aigua que surten del roquissar i només aconseguen roiar uns dies després de les pluges. Com font important només trobem la Font de Pòrtol o d'en Llupià, que fins fa unes dècades era la principal font pública de proveïment d'aigua als pobles de Pòrtol i sa Cabaneta (Santandreu, 2005). Es tracta d'un coval molt modificat per l'home, situat en el contacte de les margues del Miocè com una unitat impermeable i a sobre les calcarenites del Pliocè.

### ***La xarxa superficial de drenatge***

La xarxa de drenatge superficial de l'altiplà té dos sectors ben diferenciats. Un primer, drena tota la part superior de la plataforma i el fa de forma conseqüent, amb una orientació mitjana dels seus tàlvegs cap al SSW. No obstant això, el seu curs principal que rep el nom de comellar d'en Fornés a la seva meitat baixa i comellar Fondo al seu recorregut superior, presenta en aquest darrer tram una clara direcció ESE-WNW. Aquesta orientació està subjecta al control d'una falla normal local, que coincideix amb la mateixa direcció del curs. Cal esmentar que la mateixa falla es pot seguir fins al sector de Pontiró. Aigües a baix, el curs fa un gir de 90<sup>0</sup> cap al SW i passa a ser conegut com el comellar d'en Fornés, manté aquesta orientació SW fins a sortir de l'àrea d'estudi a l'altura de la possessió de Son Orlandis. El segon sector, coincideix amb el cantell meridional de l'àrea d'estudi que s'organitza amb una mitja dotzena de petits barrancs amb orientacions paral·leles, un al costat de l'altre, i que s'incideixen a la plataforma amb una direcció N-S.

Una primera observació que cal fer sobre aquesta xarxa superficial de drenatge de la plataforma Pòrtol-sa Cabaneta, és l'important control tectònic del seu establiment tant sigui en un sector com a l'altre. Malgrat tot, sí que entre aquests dos sectors es presenten diferències morfològiques considerables a tenir en compte. La xarxa del primer sector, el seu curs principal i algun que altre tributari, presenta un definit i profund tàlveg en forma V, on es pot identificar bé el seu llit (Fig. 24). En canvi i malgrat la dificultat que implica transitar-los per la densa vegetació que avui els envaeix, no hem identificat dipòsits d'al·luvionament, essent més les acumulacions presents de naturalesa pròpia de la dinàmica dels vessants que els conformen. El mateix perfil de tàlveg en V, el mantenen els tributaris immediatament al començament aigües a dalt, però al llarg dels seus recorreguts ràpidament i en poca distància passen a tenir un perfil molt menys definit i un tàlveg més insinuat i subtil. Tot plegat i a més de les reduïdes conques de recepció que tenen, és molt improbable que la gènesi d'aquesta xarxa puguin respondre a paràmetres fluvio-torrencials. Sens dubte que els canvis climàtics amb períodes molt més plujosos juntament amb els canvis en els nivells de base, podrien explicar moments puntuals preterits en la reanimació de la dinàmica torrencial d'aquesta xarxa, que avui roman difunta (Rosselló, 1985, 1995 i 1998). Malgrat tot, el que si pareix ineludible en la seva interpretació genètica i morfològica, és analitzar en quin grau ha coadjuvat la tectònica i l'aixecament de la massa del rocam de la localitat i de la ineludible naturalesa calcària amb la intensa efectivitat dels processos de dissolució-carstificació sobre aquest mateix rocam.



**Fig. 24.** A la fotografia s'aprecia la important incisió dels canals de drenatge de la part superior de la plataforma analitzada, en primer pla el Comellar Fondo. No obstant, aquests canals tenen una carència d'una conca hídrica de recepció que pugui justificar el seu desenvolupament.

**Fig. 24.** The photo shows the significant incision of the drainage channels of the upper part of the analyzed platform, in the foreground the Comellar Fondo. However, these channels lack a receiving water basin that can justify their development.



**Fig. 25.** Vessant de ponent del Barranc Nou al sector meridional de la zona d'estudi. S'observa el cingle superior constituït per les Calcarenites de Sant Jordi i per sota, el vessant regulat amb margades sobre les Calcisiltites de Son Mir. En el contacte litològic, un seguit de balmes que regulen el la dinàmica de retrocés de l'espadat provocant importants caigudes de blocs.

**Fig. 25.** West slope from the Barranc Nou to the southern sector of the study area. You can see the upper cliff constituted by the Calcarenites of Sant Jordi and below, the slope regulated by margins on the Calcisiltites of Son Mir. At lithological contact, a series of caves that regulate the recoil dynamics of the lawn causing significant block drops.

Pel que fa al conjunt de petits barrancs del segon sector, situats al cantell meridional de la plataforma, aquests no superen els 800 m de recorregut fins a arribar a la seva part més interior, on normalment acabem en un cul de sac. Arribats a aquest punt, ens trobem amb una paret vertical que pot anar entre els 10 i els 20 m d'alçada. A partir d'aquí, i aigües a munt, uns barrancs més que els altres, continuen amb un tàlveg i un llit molt poc o gens definit topogràficament. En aquest cas i a diferència del Comellar d'en Fornés i el Comellar Fondo del primer sector, aquests barrancs més meridionals: el de Son Silis, el Barranc Vell, el Barranc Nou (Fig. 25), i altres d'una menor entitat sí que presenten un perfil transversal amb parets verticals a les parts superiors de cada un dels seus vessants, adoptant així una morfologia barranquera que inclús és reconeguda popularment per la seva toponímia. Aquesta disposició del perfil d'aquestes petites incisions "col·lectors", es deu a fer que aprofitant fractures N-S tallen la unitat de calcarenites de Sant Jordi, donant així parets verticals a les seves parts més elevades del vessant. El rocam d'aquestes parets està molt diaclasats i presenten importants sapes que descalcen la seva base (recordeu les balmes citades anteriorment com a formes de l'exocarts), tot plegat contribueix que aquests escarpaments siguin poc estables i presentin importants caigudes de blocs d'escala mètrica. En el seu interior el perfil de la vall torna a esser en V, ja que el llit del curs pràcticament inexistent s'incideix sobre les marges i lutites de la unitat de Calcisiltites de Son Mir. Tot plegat i des d'un punt de vista gènetic d'aquest grup de barrancs, cal apuntar les mateixes qüestions realitzades pel sector anterior. No obstant, per aquests barrancs cal fer dues reflexions més: una primera, (vegeu mapa geomorfològic Fig. 5) és la presència de petits cons de dejecció a les sortides dels barrancs més grans, formats bàsicament per argiles de descalcificació, el que ens apropiaria, encara més, a la importància del paper de la dissolució en la seva gènesi. Una segona reflexió, igual que ja va platejar Rosselló, (1998) i donat les cotes altitudinals on desemboquen els llits dels barrancs, és contemplar la possibilitat que en l'evolució de la seva definició i buidat, hi hagi pogut intervenir la dinàmica litoral.

## Discussions i conclusions

A l'àrea d'estudi l'aclaparadora litologia calcària organògena corresponent a materials postorogènics del Pliocè superior, fa que el rocam tingui un rellevant paper en el seu modelat. Aquests materials han sigut sotmesos des del final del Pliocè i principis del Quaternari a una activitat tectònica local que pràcticament ha durat fins als nostres dies, elevat relleus com els que componen l'antiforme de Marratxí, del qual l'àrea d'estudi en forma part. Aquests processos de neotectònica han posicionat els materials plioquaternaris a cotes més elevades que els seus corresponents semblants d'altres indrets de l'illa, el que ha duit associat l'aparició d'una important xarxa de fracturació i diaclasament de tota la plataforma. Aquest esquarterament ha afavorit la circulació de l'aigua que percola amb facilitat dintre un rocam de naturalesa carbonatada i amb una alta porositat. Tot plegat ha possibilitat una intensa efectivitat dels processos de dissolució a tota l'àrea d'estudi.

La part elevada de la plataforma constitueix un excel·lent indret per a l'estudi del carst (*Karren*) d'ambients semiàrids. No obstant, els indrets de major pendent on la pèrdua de sòl (*Terra rossa*) és més important, permet una exhumació de formes de lapiaz amb molta més



densitat i intensitat, el que facilita l'observació i estudi del modelat càrstic subcutani, criptolapiaz (*Subsoil shaping*).

Malgrat que el carst analitzat ofereix molt poca espectacularitat, si que té una sorprenent i rica diversitat de formes micro i meso que permeten identificar els processos que les generen. En canvi, la zona no presenta grans formes de dissolució com per exemple dolines o uales, només una xarxa de drenatge considerablement encaixada i controlada per la tectònica local d'una forma descarada, romp la monotonia de la superfície de la plataforma.

Ni les condicions climàtiques, poc favorables, com ara una baixa precipitació mitjana anual, ni les minses i reduïdes conques de recepció d'aquesta xarxa, argumenta pensar en l'activitat torrencial com a responsable de la seva definició. Així doncs, només els processos de solució conduïts per la trama de fracturació tectònica, poden donar explicació al seu establiment i dimensionament, deixant la dinàmica torrencial en un paper molt secundari.

Segurament la percepció de formes vertical i voluminoses és la conceptualització més lògica que hom pot tenir d'un paisatge càrstic, com n'és l'exemple del camp de *lapiaz* (*Spitzkarren*) dels voltants del Monestir de Lluc. No obstant, el carst que ens ocupa a la plataforma de Pòrtol - sa Cabaneta, predomina l'horitzontalitat de les formes càrstiques i les petites dimensions d'aquestes. En línies generals parlem, segons la zonificació altitudinal que A. Ginés als 1990 va establir sobre la distribució de les formes càrstiques a la Serra de Tramuntana, d'una zona on les precipitacions mitjanes anuals són pobres no superen els 500 mm i la distribució sol tendir a la concentració amb pocs, però intensos episodis. A més a més, en el nostre cas específic creiem que la mateixa estratigrafia del rocam implicat té un paper important en la definició i la poca alçada de les formes *lapiaz* que hi hem identificat.

El *lapiaz* que tenim en superfície, en gran mesura són escultures que posen en evidència que s'han exhumat després de la seva formació i definició morfològica i volumètrica en condicions subjacents de criptolapiaz en el subsòl (*Subsoil shaping*). Són formes que una vegada a l'exterior, les seves parts superiors que duen més temps exposades a l'intempèrie, han sigut gravades amb nous petits relleus i a vegades només han sofert un subtil retoc per l'impacte, l'escorrentia superficial o la retenció d'aigua de pluja, donant lloc a les superfícies del *lapiaz* lliure o subaeri. En aquest sentit, a l'àrea d'estudi podem parlar com a formes produïdes i evolucionades en condicions de carst lliure: de pouets o fosses de dissolució (*Rainpits*) com a les més abundants; d'estries (*Rillenkarren*) encara que amb una baixa profusió; i de les petites fosses de dissolució amb secció horitzontal (*Cavernous weathering*), malgrat que d'aquestes darreres formes no es té clar quins són els processos de formació en els paraments rocosos verticals.

El desenvolupament de balmes o petites cavitats horitzontals a la base dels espadats juntament amb l'important fracturació del nivell de calcarenites és sens dubte el mecanisme que explica el retrocés dels espadats de les vores de la plataforma. No obstant, queda per definir quines són les condicions en què es produeix el descalçament i l'aparició de les balmes i el seu buidat interior. L'aparició de formes alveolars horitzontals de diverses dimensions a les parets i sostre de l'interior de les balmes, deixa clar que són el resultat d'un mecanisme de buidat lligat a la solució com a meteorització i a l'abrasió eòlica amb la mobilització de les partícules.

L'abundant presència de cubetes de dissolució (*kamenitzas*), les posiciona com una forma de dissolució important a la nostra àrea d'estudi. Per un gran nombre d'aquestes formes, és inqüestionable que tenen el seu origen en les superfícies planes superiors del rocam quan encara es trobaven en condicions subcutànies baix el sòl, on a la literatura són citades com a paelles o cassoles de dissolució i tenen dimensions i formes molt diverses. No obstant, i amb una presència de menor número al nostre camp, tenim la tipologia de cubetes de dissolució que presenten un perfil de la seva secció on els laterals són còncaus i els seus fons totalment plans. Tot fa pensar aquesta darrera tipologia, pugui tenir una gènesi externa del sòl ja en el carst lliure, mentre que les anteriors són formes produïdes baix sòl i evolucionades com carst lliure. Aquestes dues formes molt similars, plantegen una qüestió genètica per resoldre i que nosaltres de moment a la literatura no hem sabut trobar.

Com a clares formes de subsòl es troben els canals de dissolució (*Rundkarren*), força estesos per la nostra contrada i de forma més puntual tenim els pous de dissolució (*Karren wells*). Les formes cavernoses (*Cavernous karren*) són molt fàcil de localitzar a les mitats inferiors del lapiaz que duen menys temps a l'exterior. Totes elles són observables a la nostra àrea d'estudi, encara que una vegada són exhumades les seves parts més exposades es van sobre imprimint de formes pròpies de l'exocarst.

Un tema que no apunta com gens destacable, és la baixa presència de cavitats càrstiques, el que provoca que l'àrea no suscita cap interès especial pel camp de l'Espeleologia.

En els darrers segles, la zona ha estat fortament sotmesa al transformador impacte humà, més del 50% de la seva superfície són camps de conreu (avui la majoria abandonats) o espais urbanitzats amb tendència al creixement. Tot plegat ha provocat una pèrdua important de la superfície que ocupava les formes de l'exocarst, però cal tenir present que la corrosió i dissolució del rocam persisteix, amb un major o menor grau, de forma epidèrmica baix el sòl d'aquests espais antropitzats. Tot plegat, aquest treball ha intentat donar, en la mesura del possible, cobertura al coneixement geomorfològic d'una petita àrea de paisatge de marina així com la descripció d'una interessant i suggerent zona càrstica de clima semiàrid de l'illa de Mallorca.

## Agraïments

L'autor vol agrair a Joaquín Ginés i molt especialment a Àngel Ginés per tota la seva bona voluntat i dedicació en aclarir tots i cada un dels dubtes que els he plantejat sobre la temàtica del carst, en Bernardí Gelabert pel que fa a les consultes que li he realitzat sobre estructura i tectònica de la zona i a Guillem Xavier Pons i a Laura del Valle per la correcció i els suggeriments aportats per a la millora d'aquest treball.

## Bibliografia

- Bär, W. F. 1989. Atlas Internacional del Karst. Hoja 5: Lluc/Sierra Norte (Mallorca). *Endins*, 14-15: 27-42.
- Benedicto, A., Ramos, E., Casas, A., Sabat, E. i Barón, A. 1993. Evolución tectosedimentaria de la cubeta neógena de Inca (Mallorca). *Revista Sociedad Geológica de España*, 6 (1-2): 167-176.

- Del Olmo, P., Álvaro, M., Ramírez del Pozo, J. i Aguilar, J. 1991. *Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Hoja 698/723(IV) de Palma, I. del Toro y Cap de Cala Figuera*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- Encinas, J. A. 2014. *Corpus cavernario mayoricense*. El Gall Editor. pag. 819.
- Fornós, J. J. i Gelabert, B. 1995. Litologia i tectònica del carst de Mallorca. *Endins*, 20 / *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3: 27-43.
- Giménez, J. 2003. Nuevos datos sobre la actividad post-Neógena en la Isla de Mallorca. *Geogaceta* 33:79-82.
- Giménez, J. i Gelabert, B. 2002. Anàlisis de la actividad tectónica reciente en la isla de Mallorca. In: *III Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Valencia, 1: 390-394.
- Ginés, A. 1990. Utilización de las morfologías de lapiaz como geoindicadores ecológicos en la Serra de Tramuntana (Mallorca). *Endins*, 16: 27-39.
- Ginés, A. 1998. L'exocarst de la Serra de Tramuntana. In: Fornós, J. J. (ed.). *Aspectes geològics de les Balears (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. Universitat de les Illes Balears. Palma. 361-389.
- Ginés, A. 1999. *Morfología kàrstica y vegetación en la Serra de Tramuntana. Una aproximación ecológica*. Tesi Doctoral. Departament de Biologia i Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 581 pàgines + 70 làmines.
- Ginés, A. 2009. Karrenfield landscapes and karren landforms. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds.). *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 13-24.
- Ginés, A. i Lundberg, J. 2009. Rainpits, an outline of their characteristics and gènesis. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds.). *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 169-183.
- Ginés, A. i Ginés, J. 2011. El modelat exocàrstic de les Balears i els camps de lapiaz de mitjana muntanya mediterrània a la Serra de Tramuntana de Mallorca. *Endins*, 35 / *Monografia de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 17: 53-68.
- Ginés, A. i Ginés, J. 2014. The karst of the Tramuntana range, Mallorca Island. In: Gutiérrez, F. i Gutiérrez, M. (eds.). *Landscapes and Landforms of Spain*. Springer Science + Business Media. Dordrecht: 91-100.
- Ginés, A., Ginés, J. i Miralles, P.M. 2010. Anàlisi morfomètrica del carst de pinacles mediterrani de Sa mitjana (Escorca, Mallorca). *Endins*, 34: 109-124.
- Ginés, J. i Ginés, A. 2009. Mid-mountain karrenfields at Serra de Tramuntana in Mallorca island. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds.). *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 375-390.
- Grimalt Gelabert, M. i Rodríguez-Perea, A. 1994. Unidades morfológicas del llano de Palma (Mallorca). In: Arnáez-Vadillo, J., Gracia-Ruiz, J. M. i Gómez Villar, A. (eds.). *Geomorfología en España Tomo II*. Actas de la III reunión de Geomorfología, Logroño. 403-411 pp.
- Mas, G. 2012. Efectes de desplaçament Pliocè a l'illa de Mallorca. *XIII Jornades d'Estudis Locals d'Inca*. 19-29 pp.
- Mas, G. 2013. Evidències de desplaçament direccional de la falla de Sencelles (Mallorca). In: Pons, G. X., Ginard, A. i Vicens, D. (eds.). *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Ponències i Resums. Soc. Hist. Nat. Balears. 50-51.
- Mas, G. 2015. *El registre estratigràfic del Messinià terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània*. Tesi Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, UIB. 534 pp. Repositori públic TDX (Tesi Doctorals en Xarxa) a la web <http://www.tdx.cat/handle/10803/375904>.
- Mas, G., Gelabert, B. i Fornós, J. 2014. Evidencias de desplazamiento direccional de la falla de Sencelles (Mallorca, Islas Baleares). In: Álvarez-Gómez, J.A. i Martín González, F. (eds.). *Una aproximación multidisciplinar al estudio de las fallas activas, los terremotos y el riesgo sísmico*.

- Segunda reunión ibérica sobre fallas activas y paleosismología, Lorca (Murcia, España). 47-50 pp.
- Morey, B. i Mas, G. 2009. Aproximació al Neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52: 99-122.
- Pomar, L., Marzo, M. i Barón, A. 1983. El Terciario de Mallorca. In: *El Terciario de las Baleares (Mallorca - Menorca). Guía de las excursiones. X Congreso Nacional de Sedimentología*. Grupo Español de Sedimentología. 21-44 pp.
- Ramírez del Pozo, J., del Olmo, P. i Alvaro, M. 1991. Estratigrafía. *Memoria del Mapa geológico de España, escala 1:50.000 full 698. Palma I. del Toro y Cap de cala Figuera*. ITGE, Madrid.
- Rosselló, V. M. 1985. Los barrancos de la plataforma oriental de Palma de Mallorca. *IX Coloquio de Geografía*. Asociación de Geógrafos Españoles. Ponencias Tomo I, 1-13. Murcia.
- Rosselló, V. M. 1995. Les cales, un fet geomòrfic epònim de Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 38: 167-180.
- Rosselló Verger, V. M. 1998. Torrents i cales de Mallorca: aspectes geomorfològics. In: Fornós, J. J. (ed.). *Aspectes geològics de les Balears (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. Universitat de les Illes Balears. Palma. 331-360.
- Sánchez-Alzola, A. Sánchez-Alzola, A., Sánchez, C., Giménez, J., Alfaro, P., Gelabert, B., Borque, M. J. i Gil, A. J. 2014. Velocidad cortical y campo de esfuerzos en el Archipiélago Balear utilizando series temporales GPS de la red XGAIB (2010-2013). *Física de la Tierra*, 26:47-63.
- Santandreu, G. 2005. Panorama espeleològic de Marratxí (Mallorca-Balears). *Endins*, 27: 93-130.
- Silva, P. G., González-Hernández, F. M., Goy, J. L. i Zazo, C. 1998. Origen y desmantelamiento del Antiforme Plio-Cuaternario de Marratxí (Mallorca, España). *Geogaceta* 23:143-146.
- Zseni, A. 2009. Subsoil Shaping. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds.). *Karst rock features. Karren sculpturing*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 103-122.

# Hidroquímica de l'aigua de fonts de la Serra de Tramuntana (Mallorca)

Martín LLOBERA i Antònia FERRIOL

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Llobera, M. i Ferriol, A. 2021. Hidroquímica de l'aigua de fonts de la Serra de Tramuntana (Mallorca). *In*: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 175-186. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

En aquest article es presenten dades hidroquímiques de l'aigua de 180 fonts de la Serra de Tramuntana. Els paràmetres són l'altitud, la temperatura de l'aigua, el pH, la conductivitat, els principals anions (bicarbonats, clorurs i sulfats) i els principals cations (calci, magnesi, sodi i potassi). Al llarg de l'article es mostren les principals característiques d'aquests paràmetres i les relacions entre ells. A continuació es dedueixen els principals compostos que cal esperar en aquestes aigües. Finalment, es classifiquen aquestes aigües d'acord amb les característiques mostrades mitjançant un diagrama de Piper. La majoria d'aigües són bicarbonatades càlciques o magnèsiques i, en segon lloc, sulfatades càlciques o magnèsiques. L'aportació dels clorurs i del sodi sempre són minoritàries.

**Paraules clau:** hidroquímica, fonts, Serra de Tramuntana, Mallorca.

WATER CHEMISTRY OF SPRINGS IN THE TRAMUNTANA MOUNTAIN RANGE (MALLORCA). This article presents water chemistry characters of 180 springs of the Tramuntana mountain range. Studied parameters are altitude, water temperature, pH, conductivity, main anions (bicarbonates, chlorine, sulphates) and main cations (calcium, magnesium, sodium, potassium). Principal features about these parameters are explained through the article and also relations among them. Main chemical compounds are deduced from this information. Finally, waters are classified in relation with their main ions through a Piper diagram. Most of these waters are bicarbonate calcic or magnesian and, secondly, sulphated calcic or magnesian. Chlorine and sodium participation are always a minority.

**Keywords:** hydrochemistry, springs, Tramuntana Mountain Range, Mallorca.

*Martín LLOBERA i Antònia FERRIOL, Societat d'Història Natural de les Balears. Carrer Margarida Xirgu 16 baixos. 07011 Palma.*

## Introducció

La Serra de Tramuntana s'ubica al nord-est de l'illa de Mallorca, ocupant una superfície d'uns 1.100 km<sup>2</sup>. La seva topografia és abrupta, amb altures de més de 1.400 metres. L'estructura geològica és molt complexa, originada en els encavalcaments de direcció N.O. que actuaren durant el Burdigalià-Langhià (Miocè). Tot això provoca diverses sèries tectòniques amb nombroses imbricacions i falles direccionals.

Aquesta estructura, afegit a la necessitat d'aprofitar al màxim qualsevol font d'aigua permanent o semi-permanent per les explotacions agràries o ramaderes, ha permès l'existència de nombroses fonts al llarg de tota la serra. L'origen de totes aquestes fonts és hidrogeològic, però les necessitats humanes han estabilitzat i ordenat en gran mesura la manera en què aquestes fonts s'han explotat.

Actualment s'han inventariat aproximadament unes 1240 fonts a la Serra de Tramuntana i part del Raiguer; als municipis d'Alaró, Andratx, Banyalbufar, Bunyola, Calvià, Campanet, Deià, Escorca, Esporles, Estellencs, Fornalutx, Lloseta, Mancor de la Vall, Palma (zona de Serra de Tramuntana), Pollença, Puigpunyent, Santa Maria, Selva, Sóller, Valldemossa (<https://sites.google.com/view/fontsdetramuntana>, novembre 2019).

Des del punt de vista pràctic la importància real de les fonts varia molt, depenent del seu cabal i de l'ús que es fa. Algunes es fan servir pel proveïment d'aigua potable a quasi totes les poblacions a la Serra de Tramuntana, moltes encara s'empren per regar horts de propietats i unes poques, cada vegada menys, estan comercialitzades per la beguda. De les primeres i de les darreres es fan controls de la seva qualitat, però es tracta d'un percentatge mínim.

Per altra banda, a part de la seva utilitat pel proveïment o el reg, les fonts de la Serra de Tramuntana tenen un gran interès des del punt de vista hidrogeològic, ecològic, naturalístic sobre tot de fauna, i patrimonial. Cal tenir present la pràctica inexistència d'ambients d'aigües corrents permanents a Mallorca, llevat d'algunes zones humides litorals. En conseqüència les fonts són l'única representació d'aigües dolces, corrents i permanents a Mallorca.

En aquest article es presenten dades hidroquímiques bàsiques de 180 fonts de la Serra de Tramuntana, aproximadament un 14% de les fonts existents. Els mostresos es varen realitzar entre els anys 1986 i 1989 al Laboratori de Limnologia de la UIB (Llobera, 1990). Malgrat el temps recorregut, es presenten les dades per tal de ser útils com a referència davant possibles canvis hidrològics i climàtics i degut a la manca absoluta de dades en la gran majoria de casos.

El comportament hidrogeològic dels materials que componen la Serra de Tramuntana és molt variable. Són impermeables les argiles del Keuper i les margues del Cretàcic i del Terciari (Oligocè i Burdigalià). Les calcàries margoses (Liàsic Superior-Cretàcic) es poden considerar impermeables. Les carniols i les calcàries de l'Infralías, calcàries dolomítiques, dolomies i calcàries oolítiques del Lias constitueixen les formacions permeables més importants de tota la serra. El Quaternari, que també és permeable, té només interès local degut a la seva limitada extensió i reduïts espessors.

El Keuper juga un paper hidrogeològic de primer ordre, actuant sempre com una barrera impermeable. És el principal responsable de la compartimentació observada en les unitats hidrogeològiques. Degut a la seva plasticitat ha patit migracions durant el procés orogènic, acumulant-se preferentment darrera els fronts dels mantells de corriments i injectant-se a les zones de fractura. En altres casos pot haver quedat eliminat per laminació, posant en contacte blocs permeables que, originàriament, estaven separats.

La permeabilitat de les formacions calcàries liàsiques i infraliàsiques és molt variable, depenent de la seva fracturació i evolució càrstica. De vegades a la serra apareixen aparells càrstics superficials molt permeables en els que s'infiltra ràpidament l'aigua de pluja, però amb poca capacitat de retenció. L'aigua infiltrada desaigua ràpidament a la mar o alimenta fonts subjectes a fortes oscil·lacions estacionals.

Aquest estudi presenta dades hidroquímiques de 180 fonts, la majoria de les quals es troben a la zona central de la Serra, entre les poblacions de Lluc i Puigpunyent. La llista de fonts es mostra a la Taula 1, indicant municipi i altitud (m).



**Taula 1.** Localització de les fonts analitzades.**Table 1.** Spring location.

Codi	Font	Municipi	Altitud				
1	Nus	Escorca	572	54	S'Hortet	Escorca	870
2	Puig Ferrer	Escorca	539	55	L'Ofre	Escorca	759
3	Son Amer	Escorca	517	56	S'Aritja	Escorca	881
4	Des Viver	Escorca	570	57	Pintada	Lloseta	260
5	Menut	Escorca	624	58	Nova-Lloseta	Lloseta	358
6	Cossí	Escorca	656	59	Na Barbara	Mancor	507
7	Pedregaret	Escorca	752	60	Biniarroi	Mancor	459
8	Negra	Escorca	582	61	Sa Pressa	Mancor	324
9	Falgueres	Escorca	724	62	Patro	Mancor	332
10	Muntanya	Escorca	521	63	D'Abaix	Mancor	274
11	Sa Mina	Escorca	358	64	Es Trenc	Lloseta	206
12	Cosconar	Escorca	497	65	Coma Freda	Escorca	688
13	Cocó de sa Murtera	Escorca	400	66	Sa Teula	Escorca	828
14	Nespler	Escorca	567	67	Voltor	Escorca	1116
15	Cuberta	Escorca	498	68	Prat	Escorca	768
16	Roda	Pollença	475	69	Tosses	Escorca	943
17	Poll	Pollença	478	70	S'Avenc	Escorca	1128
18	Fartàritx	Pollença	469	71	Topa	Bunyola	474
19	S'Abegurador	Selva	471	72	La Reina	Bunyola	439
20	Miquelí	Selva	610	73	Bàlitx	Sóller	409
21	Guix	Escorca	573	74	Rotja	Fornalutx	253
22	Coll Sa Font	Escorca	510	75	Montcaire	Fornalutx	432
23	Freda	Escorca	606	76	Nova-Montcaire	Fornalutx	430
24	Sorda	Escorca	552	77	Ses Fonts 1	Fornalutx	248
25	Nova (Escorca)	Escorca	702	78	Ses Fonts 2	Fornalutx	370
26	Cases Noves	Escorca	623	79	Pallicera	Fornalutx	223
27	Font Major	Escorca	550	80	S'Alqueria	Fornalutx	172
28	Sa Mata	Escorca	672	81	Sa Balma	Escorca	711
29	Turixant	Escorca	610	82	Negra-Bini	Escorca	634
30	Son Pou	Sta. Maria	147	83	Bini Gran	Escorca	605
31	Sa Canaleta	Bunyola	489	84	Jons-Bini	Escorca	626
32	Freu 1	Bunyola	423	85	Hortet Pareis	Escorca	5
33	Freu 2	Bunyola	410	86	Ca's Bufo	Escorca	87
34	Fonteta	Bunyola	488	87	Racó	Escorca	132
35	Tries	Bunyola	465	88	Ca'n Pau	Escorca	120
36	Sa Pedra	Alaró	440	89	Perduda	Escorca	640
37	Verro	Alaró	429	90	Escorca	Escorca	663
38	Figuera	Alaró	351	91	Det	Fornalutx	128
39	Salida H2O	Alaró	431	92	Don	Fornalutx	156
40	Vila-Alaró	Alaró	278	93	Barranc	Fornalutx	110
41	Poll-Alaró	Alaró	542	94	Bini Bassí	Fornalutx	221
42	Castell	Alaró	435	95	Mare de Déu	Fornalutx	81
43	Rotes Fredes	Alaró	612	96	Avellanar	Fornalutx	247
44	Penyal Agut	Alaró	626	97	Bruixa	Fornalutx	778
45	Sa Gruta	Alaró	471	98	Coloms	Fornalutx	909
46	Oliclar 1	Alaró	405	99	Monnàber	Fornalutx	705
47	Oliclar 2	Alaró	373	100	D'en Joi	Sóller	140
48	Noguer	Escorca	761	101	Na Sureda	Esporles	214
49	Coberta	Valldemossa	376	102	Cova	Valldemossa	45
50	Aigueta	Valldemossa	278	103	Bujosa	Banyalbufar	211
51	Cisterneta	Bunyola	680	104	Sa Granja	Esporles	286
52	Broll	Escorca	890	105	Ca'n Bauça	Banyalbufar	210
53	Sa Parra	Escorca	821	106	Xiu	Banyalbufar	39
				107	Equisetos	Banyalbufar	35

108	Vila-Banyalbufar	Banyalbufar	219	149	Na Rupit	Valldemossa	461
109	Can Fura	Banyalbufar	202	150	Sollerich	Bunyola	375
110	Ca N'Aleta	Banyalbufar	210	151	Viscaí	Banyalbufar	297
111	Sa Menta	Banyalbufar	189	152	Can Fura	Banyal.	218
112	Forat d'Amunt	Estellencs	162	153	Son Sastre	Selva	172
113	Son Fortuny	Estellencs	247	154	Binibona	Selva	125
114	D'en Mates	Estellencs	96	155	Coma Binibona	Selva	202
115	Es Broll	Estellencs	1	156	Mata	Selva	361
116	Sa Coma	Valldemossa	472	157	Sa Rota	Selva	500
117	Beata	Valldemossa	374	158	Aubellons	Selva	185
118	Na Búger	Valldemossa	369	159	S'Estret	Valldemossa	250
119	Na Llambies	Valldemossa	336	160	Abeurador	Valldemossa	424
120	Pla Rei	Valldemossa	360	161	Viva	Valldemossa.	56
121	Son Marroig	Deià	297	162	Verger 1	Valldemossa	381
122	Des Molí	Deià	172	163	Es Verger	Valldemossa	396
123	Canaleta Deià	Deià	150	164	Sarrià	Palma	170
124	Es Recó	Deià	219	165	Es Canyar	Palma	201
125	Es Cireral	Deià	235	166	Bunyolí	Palma	131
126	Canyaret	Deià	3	167	Vila-Palma	Palma	89
127	Carasses	Puigpunyent	229	168	Mestre Pere	Palma	95
128	Son Sampola	Andratx	213	169	Son Bujosa	Banyalbufar	108
129	Sampol-Adx	Andratx	230	170	Sa Cova	Valldemossa	6
130	Font de la Vila	Andratx	275	171	S'Olivaret	Alaró	323
131	Jons	Esporles	355	172	Noguer 2	Escorca	761
132	Cabaspres 1	Esporles	380	173	Perduda	Escorca	703
133	Cabaspres 2	Esporles	380	174	Clot Aigua	Deià	963
134	Son Vich	Puigpunyent	348	175	Sa Serp	Deià	958
135	Bernadeta	Esporles	241	176	Major 1	Fornalutx	740
136	Son Creus	Banyalbufar	384	177	Major 2	Fornalutx	730
137	S'Obi	Banyalbufar	322	178	Torrella	Escorca	832
138	Garbell	Banyalbufar	269	179	Es Degotis	Escorca	50
139	Alfàbia	Bunyola	319	180	Sa Costera	Escorca	27
140	S'Hostalet	Bunyola	397				
141	S'Olla	Sóller	55				
142	Na Gireta	Sóller	63				
143	Na Lladonera	Sóller	58				
144	Son Creus1	Bunyola	402				
145	Son Creus2	Bunyola	390				
146	Orient	Bunyola	454				
147	Polls	Valldemossa	661				
148	Bassina	Esporles	313				

## Material i mètodes

Les mostres es recollien el més a prop possible del punt de surgència a la superfície i sempre d'aigua en moviment. El mostreig va tenir lloc entre els anys 1986 i 1989, sobre tot en les estacions de primavera i d'hivern. De la majoria de fonts es va recollir una mostra, però de 32 fonts s'havien recollit entre 5 i 6 mostres i per a l'estudi que es presenta es va triar la mostra amb un error en el balanç de cations/anions menor.

La majoria de paràmetres es determinaren al laboratori. Les mostres es tractaren amb cloroform per evitar qualsevol alteració ocasionada per microorganismes presents o característiques químiques que poguessin fer defectuoses les anàlisis. En el mateix punt de

mostreig es realitzaren les mesures de temperatura i conductivitat, així com es va determinar la localització.

Temperatura: Mesurat directament en el corrent d'aigua amb un termistor elèctric Hanna Instruments.

Conductivitat. Mesura la capacitat de l'aigua per conduir el corrent elèctric. Les unitats emprades son  $\mu$ Siemens per centímetre. Totes les mesures es varen estandarditzar a una temperatura de 20°C. La determinació es realitzà *in situ* amb un conductímetre de camp de la casa Crison model CDTN-523.

El mateix dia al laboratori es determinava el pH i l'alcalinitat. La resta d'aigua es filtrava fent ús d'una bomba de buit i un equip de filtració Millopore, usant filtres de fibra de vidre (Whatman GF/C) de 5.5 cm de diàmetre. L'aigua filtrada s'emprava per determinar clorurs, sulfats, calci, magnesi, sodi i potassi.

La determinació dels diferents paràmetres seleccionats es va dur a terme emprant mètodes i tècniques seleccionats dels manuals més usats en l'anàlisi d'aigües (Rodier, 1981; A.P.H.A., 1980).

pH. La determinació s'ha realitzat en el laboratori. L'aparell emprat era el pH-metre Crison pH/mV-meter model Diogit-501, dotat de correcció de temperatura.

Anions i cations. Les dades s'aporten en mil·ligrams per litre (mg/l). Els carbonats s'han calculat a partir de l'alcalinitat. Donat el pH d'aquestes aigües es pot considerar que quasi tota l'alcalinitat es deguda als bicarbonats dissolts. Altres compostos del sistema carbònic-carbonats quasi no es deuen presentar o la seva importància relativa ha de ser mínima.

Per al càlcul de correlacions les dades s'han transformat prèviament a la forma logarítmica, per normalitzar la distribució de les mostres. No s'ha transformat el pH, ja que és un paràmetre en forma logarítmica.

## Resultats

Hi ha poques dades sobre les característiques hidroquímiques de les aigües de les fonts de la Serra de Tramuntana. La Direcció General de Recursos Hídrics realitza anàlisis periòdics de certs paràmetres interessants per estudis hidrogeològics o d'intrusió marina (clorurs) o per determinar el grau de contaminació de les aigües, sobre tot en aquífers. Així mateix es controlen fonts de proveïment per determinar la seva potabilitat. En tot cas es tracta de molt poques fonts. No existeixen estudis extensius.

Respecte de les fonts de la Serra de Tramuntana i de forma extensiva, només existeixen dades obtingudes en el marc de l'estudi que es presenta (Ferriol *et al.*, 1989; Llobera, 1990; Llobera i Ferriol, 1994).

A la Taula 2 es mostren la mitjana dels paràmetres, la desviació típica, el valor màxim i el mínim, el rang, i el coeficient de variació.

Les fonts mostrejades es situen entre els 1.170 metres i el metre d'altura sobre el nivell del mar. La distribució de fonts respecte a l'altitud mostra una major escassetat a altures màximes, lògicament. A les màximes altures hi ha pocs puigs i la presència d'aquífers és escassa i són petits i limitats. Fonts mostrejades a les altures màximes corresponen al Puig Massanella (Font des Voltor, Font de s'Avenc) i al Puig des Teix (Font de Sa Serp). Les

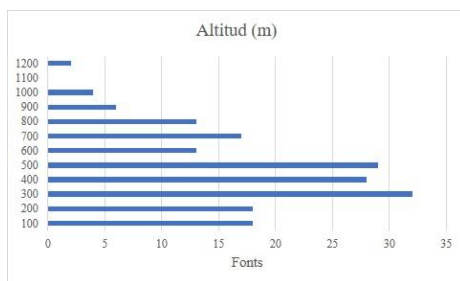
fonts a menor altitud es distribueixen per tota la costa nord-oest. La majoria es situen a prop o dins torrents com el de Pareis, Sa Calobra, Estellencs, Banyalbufar o el Port de Valldemossa. La surgència a menor altitud que es presenta és Es Broll, a Cala Estellencs.

**Taula 2.** Mèdia, rang i desviació típica dels paràmetres estudiats.

**Table 2.** Descriptive statistics: average values, rank, standard deviation of studied parameters.

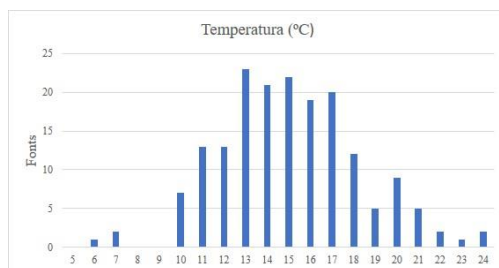
	Mitjana	Desv. Típica	Mínim	Màxim	Rang	Coef variació
<b>Altitud (m)</b>	406,27	243,42	1,00	1.128,00	1.127,00	0,60
<b>Temperatura (°C)</b>	14,93	3,19	6,00	24,00	18,00	0,21
<b>Conductivitat (µS/cm)</b>	764,91	465,00	135,00	3.079,00	2.944,00	0,61
<b>pH</b>	7,51	0,29	6,77	8,15	1,38	0,04
<b>Ió Bicarbonat (mg/l)</b>	293,66	105,26	51,85	603,90	552,05	0,36
<b>Ió Clorur (mg/l)</b>	68,19	54,62	4,96	527,50	522,53	0,80
<b>Ió Sulfat (mg/l)</b>	166,25	276,94	2,88	1.570,08	1.567,20	1,67
<b>Ió Calci (mg/l)</b>	129,09	114,48	25,00	700,00	675,00	0,89
<b>Ió Magnesi (mg/l)</b>	33,36	28,70	3,00	197,00	194,00	0,86
<b>Ió Sodi (mg/l)</b>	39,88	29,05	7,00	191,00	184,00	0,73
<b>Ió Potassi (mg/l)</b>	2,04	2,87	0,18	23,50	23,32	1,40
<b>Mg/l totals</b>	732,47	462,74	175,10	2.804,50	2.629,40	0,63

La majoria de fonts mostrejades es situa sota els 600 metres però no hi ha una altura que predomini sobre les altres (Fig. 1). La distribució es presenta desordenada, d'acord amb l'estructura molt fragmentada de la geologia de la serra. Els aqüífers es poden distribuir a diferents altituds, donant lloc a nombroses fonts depenent únicament de la disposició hidrogeològica de les diferents capes geològiques. Tot i així, en general les fonts amb major cabal i més constants es situen a menor altitud. Les fonts de la vall de Sóller se situen sota els 250 m mentre que a la zona de Lluc-Escorca les fonts es presenten a 500 m i altures superiors. Entre aquests dos grups apareixen les fonts de les valls d'Esporles, Orient, Valldemossa, Deià,...



**Fig. 1.** Altitud de les fonts mostrejades.

**Fig. 1.** Altitude of the sampled springs.



**Fig. 2.** Temperatura de l'aigua.

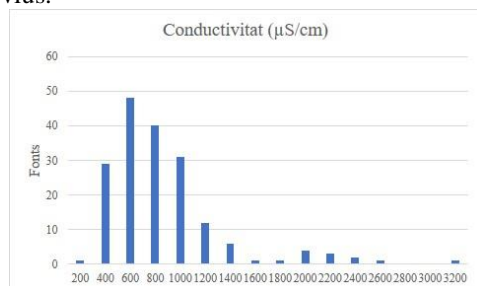
**Fig. 2.** Water temperature.

La temperatura de l'aigua que raja de les fonts té una temperatura que reflecteix algunes de les característiques dels mitjans pels quals ha transitat. Finalment tendeix a trobar-se en equilibri amb les característiques climàtiques del terreny. Si no hi ha aportacions extra de calor, les aigües de les fonts amb un cabal suficient tendeixen a mostrar, en la seva surgència, la temperatura mitjana de l'aire d'allà a on es trobin.

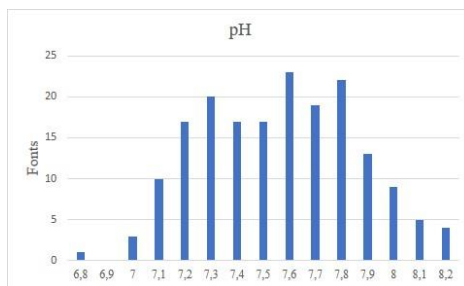
La temperatura registrada a l'aigua de les fonts oscil·la entre els 6°C i els 24°C (Fig. 2). La mitjana és de quasi 15 graus i la gran majoria de mostres es situa entre els 10 i els 20 graus. Els extrems citats són excepcions, degudes a efectes externs als factors intrínsecs de l'aigua. Temperatures inferiors als 10 graus apareixen a fonts amb un cabal molt petit, amb una velocitat de l'aigua ínfima, i durant l'hivern en algunes de les fonts a major altitud. Els registres superiors als 20 graus són de l'estiu i, en la majoria de casos, en aigües lluny del punt de surgència amb la qual cosa pogueren captar la calor ambiental. D'acord amb aquestes dades, totes les fonts mostrejades tenen aigües fredes, segons la majoria d'autors (Catalan, 1981). No s'ha trobat cap cas en què les aigües poden considerar-se temperades o termals.

La conductivitat de les aigües de les fonts presenta una mitjana de 765  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Aquesta dada mostra que hi ha una important presència de ions. Els extrems es presenten en 135 i 3.079  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Això suposa una gran variabilitat de valors en un limitat espai geogràfic. Hi ha pocs valors per damunt els 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , destacant sobre la resta de valors (Fig. 3). En tots els casos en què la conductivitat mostra valors molt alts (llevat del cas de la Font d'Andratx) l'origen cal assignar-lo en les característiques litològiques. Es pot afirmar que l'aigua mostrejada mostra una mineralització acusada, patint l'efecte de les litologies que l'aigua travessa.

La majoria de mostres presenten un pH en torn a la neutralitat o lleugerament alcalí. La mitjana es situa en 7,5 i la desviació és molt petita (0,28). En tot el rang de valors no existeixen grups diferenciats sinó que l'histograma minva bruscament cap als dos extrems de 6,77 i 8,15 (Fig. 4). L'origen d'aquests valors de pH es deu a causes naturals, sobre tot en l'anhidrid carbònic dissolt. Aquest procedeix de l'atmosfera i, més concretament, del que es troba en la zona d'infiltració de la terra produït per la respiració dels organismes vius.

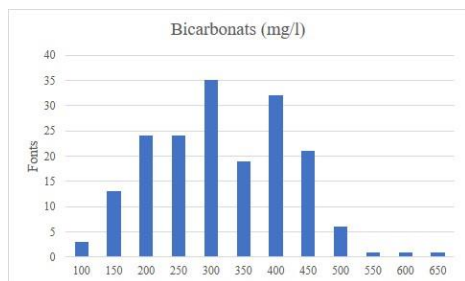


**Fig. 3.** Conductivitat de l'aigua.  
*Fig. 3. Water conductivity.*

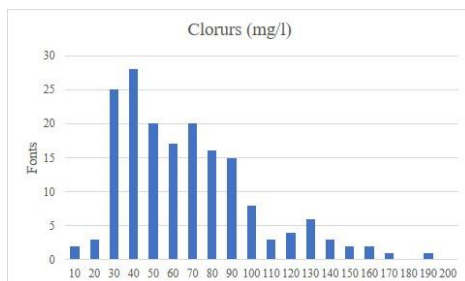


**Fig. 4.** pH de l'aigua analitzada.  
*Fig. 4. pH of the sampled waters.*

Donat el pH de les mostres analitzades, cal esperar que quasi tota l'alcalinitat es deguda als bicarbonats dissolts. Altres compostos del sistema carbònic-carbonats gairebé no s'han de presentar i la seva importància relativa ha de ser mínima. Per això l'anàlisi que es fa es basa en l'equivalència entre l'alcalinitat i bicarbonats. La mitjana de mg/l de bicarbonats es situa a prop dels 300 mg/l (a 293,66). El màxim és del doble, 603,9 mg/l i el valor mínim està en 51,85 mg/l. Quasi tots els valors queden entre els 200 i els 450 mg/l (Fig. 5).



**Fig. 5.** Valors de bicarbonats  
*Fig. 5. Bicarbonate values.*

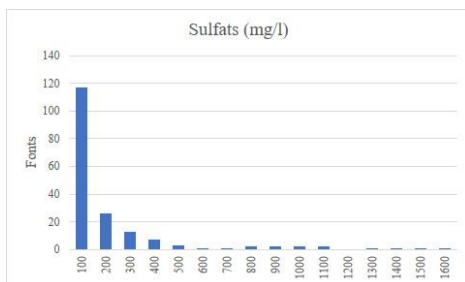


**Fig. 6.** Valors de clorurs.  
*Fig. 6. Chlorine values.*

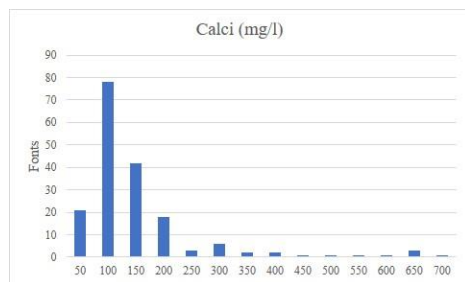
Els clorurs presents mostren valors baixos, La influència marina directa és absent, llevat potser del cas extrem de la Font de la Vila d'Andratx (527 mg/l). La resta de valors no arriben als 200 mg/l i de fet es situen en gran majoria per davall dels 100mg/l. Per davall dels 30 mg/l quasi no resten mostres (Fig. 6).

Entre els anions, els sulfats mostren la major variabilitat, tot i que la gran majoria estan sota els 300 mg/l (Fig. 7). Però hi ha casos en què el valor arriba fins els 1.570 mg/l. Aquest fenomen es dona en molt poques fonts, però marca molt el caràcter d'aquestes aigües.

El calci és sempre el catió dominant. La mitjana és de 129 mg/l i el màxim de 700 mg/l. Quasi tots els valors es situen per sota dels 200 mg/l (Fig. 8). De forma pareguda als sulfats, els valors extrems són escassos i extrems fins els 700 mg/l.



**Fig. 7.** Valors de sulfats.  
*Fig. 7. Sulphide values.*

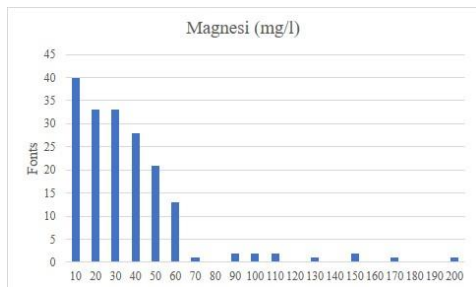


**Fig. 8.** Valors de calci.  
*Fig. 8. Calcium values.*

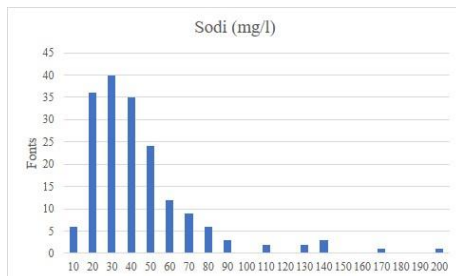
El magnesi sol ser el segon catió dominant. El valor mitjà és de 33,3 mg/l i el màxim de 194 mg/l. El magnesi presenta valors baixos, fins els 60 mg/l, amb algunes excepcions fins els 200 mg/l (Fig. 9).

El sodi presenta uns valors pareguts als del magnesi. La mitjana es situa en els 39,8 mg/l i un màxim de 191 mg/l. Aquest màxim és excepcional (Font de la Vila d'Andratx). Quasi tots els valors són inferiors als 90 mg/l (Fig.10). Els valors mínims no són tan baixos com en el cas del magnesi. La gran majoria de valors comencen a partir dels 20 mg/l mentre que en el cas del magnesi hi ha bastants valors entre 0 i 10 mg/l.



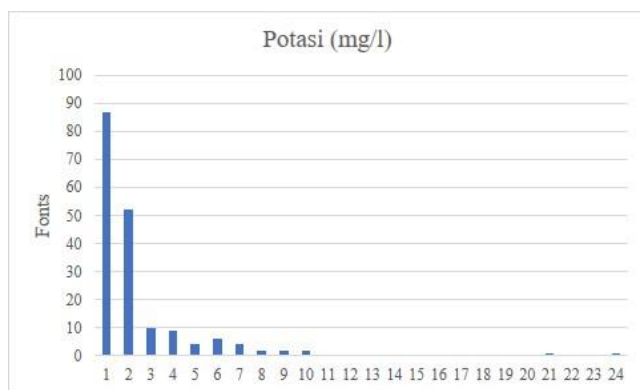


**Fig. 9.** Valors de magnesi.  
*Fig. 9. Magnesium values*



**Fig. 10.** Valors de sodi.  
*Fig. 10. Sodium values.*

El potassi sempre és molt minoritari. El màxim està en 23,5 mg/l i quasi tots els valors són menors a 4 mg/l. Hi ha dos valors extrems (21 i 24 g/l) lligats a fonts molt possiblement contaminades (Fig. 11).



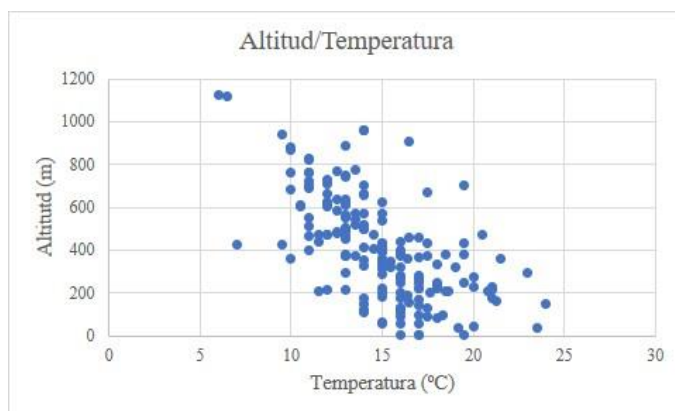
**Fig. 11.** Valors de potassi.  
*Fig. 11. Potassium values.*

## Discussió

Existeix una certa relació gràfica entre l'altitud i la temperatura de l'aigua de les fonts. Aquest fet és lògic, ja que cal esperar que les fonts a major altitud són més fresques que les que es troben a una menor altitud o a nivell de la mar. Però la variabilitat dins cada altitud és també molt important (Fig. 12). D'aquesta manera la correlació és molt baixa, un 0,39 sense transformar les variables i 0,23 amb la transformació logarítmica.

La conductivitat, com és lògic, queda bastant ben definida per la suma d'anions: la correlació és de 0,84. La correlació amb els cations és un poc menor, de 0,6. Al llarg de totes les dades pareix que els valors de cations presenten més defectes que les dades dels anions. Dins els anions la major correlació és amb sulfats (0,59) seguit de clorurs (0,45) i alcalinitat (0,28). L'anió que més contribueix a la conductivitat és el bicarbonat. En la

majoria de mostres el bicarbonat és l'anió més important. Però la correlació és major amb els sulfats.



**Fig. 12.** Relació entre altitud i temperatura de l'aigua.

*Fig. 12.* Relation between altitud and water temperature.

Entre els cations la major correlació es dona al magnesi (0,6) seguit del sodi (0,4), el potassi (0,4) i, finalment, el calci (0,39).

Els bicarbonats es correlacionen millor amb la suma de calci i magnesi (0,3) que amb cada un per separat (0,29 per magnesi i 0,21 per calci). Però la relació millora molt amb els sulfats, que correlacionen amb 0,42 amb la suma de calci i magnesi. En aquest sentit la millor correlació es produeix entre les sumes de sulfats i bicarbonats amb la suma de calci i magnesi (0,7).

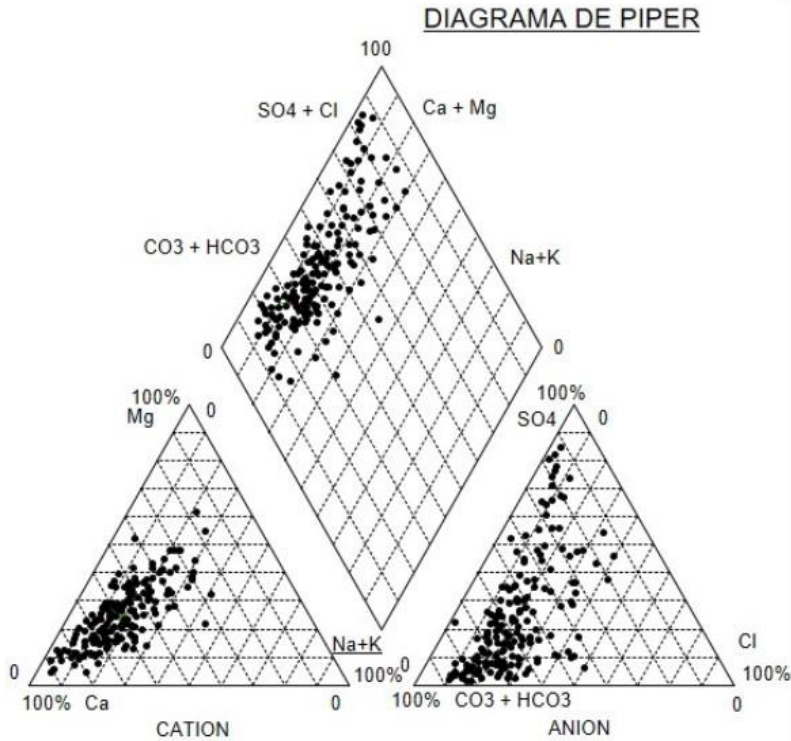
Aquestes dades fan deduir que la majoria de compostos que cal esperar són els bicarbonats càlcics i magnèsics i els sulfats càlcics i magnèsics.

En el cas dels clorurs la millor correlació es produeix amb la suma de sodi i potassi (0,52) que és quasi idèntica a la correlació entre clorurs i el sodi per ell tot sol (0,51). El compost que cal esperar en aquestes aigües és el clorur sòdic.

**Diagrama de Piper** (Fig. 13). Els diagrames triangulars són adequats per presentar tres components en percentatges. Cada vèrtex d'un triangle equilàter representa un dels tres components "purs", simbolitzant el 100%. Cada punt a l'interior del triangle representa una mescla ternària de percentatge de participació de anions o cations, en el cas de mostres d'aigua. Només es fan servir tres anions o tres cations. Els percentatges que s'apliquen es fan servir en forma de miliequivalents per litre.

Són molt útils a l'hora de classificar les aigües quan es componen dels anions i cations més habituals. Per als anions es fan servir els bicarbonats, els sulfats i els clorurs. En el cas dels cations es fan servir el calci, el magnesi i la suma de sodi i potassi.

En el diagrama es presenten dos triangles separats per anions i per cations i amb un camp central romboidal en què es presenta un tercer punt deduït a partir dels que es representen els anions i els cations.



**Fig. 13.** Diagrama de Piper  
*Fig. 13.* Piper diagram.

El triangle d'anions classifica les aigües en bicarbonatades, clorurades o sulfatades amb un predomini de fins al 50% de cada un dels anions, i el sector central queda ocupat per mescles, sense cap tipus per damunt dels 50%.

El triangle de cations classifica les aigües en càlciques, magnèsiques o sòdiques amb un predomini de fins al 50% de cada un dels anions, i el sector central queda ocupat per mescles, sense cap tipus per damunt dels 50%.

El romboide central forma 4 sectors que defineixen les tipologies d'aigua d'acord amb els ions dominants:

- Bicarbonatades sòdiques
- Bicarbonatades càlciques o magnèsiques
- Clorurades o sulfatades sòdiques
- Sulfatades o clorurades càlciques o magnèsiques

D'acord amb el diagrama triangular o de Piper aplicat, les aigües de les fonts analitzades, respecte als anions, són aigües en la majoria bicarbonatades. Aquest anió supera el 50% de meq/l en anions en 118 mostres. Un grup menor, de 20 mostres, són clarament sulfatades i la resta (42) són de tipus mixt. No hi ha aigües clorurades.

D'acord amb el diagrama triangular o de Piper aplicat, les aigües de les fonts analitzades, respecte als cations, són aigües en la gran majoria càlciques. Aquest catió supera el 50% de meq/l en cations en 132 mostres. Un grup molt petit, de 3 mostres, són clarament magnèsiques i la resta (45) són de tipus mixt, tot i que amb dominància de calci i magnesi. No hi ha aigües sòdiques.

D'acord amb el romboide, les aigües de les fonts analitzades, són aigües en la majoria bicarbonatades càlciques o magnèsiques (126 mostres) o sulfatades càlciques o magnèsiques (54 mostres), a l'esquerra del romboide. El quadrant de l'esquerra superior també inclou les clorurades càlciques o magnèsiques, però com que ja d'entrada no hi ha aigües clorurades, aquestes no són presents tampoc al romboide. No hi ha aigües clorurades ni bicarbonatades sòdiques ni clorurades o sulfatades sòdiques, que estarien en la meitat dreta del romboide.

## Agraïments

Aquest treball es va realitzar al Laboratori de Limnologia de la Universitat de les Illes Balears i volem deixar constància del nostre agraïment, especialment al Dr. Gabriel Moyà, a Carlos Martínez, col·laborador a les excursions, i als companys que ens acompanyaren en el laboratori així com als serveis d'anàlisi de la UIB.

## Bibliografia

- APHA-AWWA.WPCF, 1981. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. Washington. 1134pp.
- Catalan, J. 1981. *Química del agua*. Ed. J. Catalan Lafuente. Madrid. 423 pp.
- Custodio, E. i Llamas, E. (Dir.) 1983. *Hidrología Subterránea*. Segunda edición. Tomo I. Ed. Omega, Barcelona. 1157 pp.
- Ferriol, A., Llobera, M. i Moyà, G. 1989. Aproximación al conocimiento de la calidad de las aguas de las fuentes de la Serra de Tramuntana (Mallorca). En *II Jornadas sobre Contaminación (V.Cerdà, ed.)*: 197-199. Palma de Mallorca.
- <https://sites.google.com/view/fontsdetramuntana>
- Llobera, M. 1990. *Estudio Limnológico de las fuentes de la Sierra de Tramuntana: características físico-químicas*. Tesi de Llicenciatura. Facultat de Ciències. Universitat de les Illes Balears. 139pp + annexes. Inèdita.
- Llobera, M. i Ferriol, A. 1994. Seasonal fluctuations in the chemistry of limestone springs from the Tramuntana mountain range (Mallorca, Spain). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25: 1445-1448.
- Rodier, J. 1981. *Análisis de las aguas*. Ed. Omega, Barcelona. 1059 pp.

# El Pliocè marí de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental): proposta estratigràfica i paleoambiental

Bernat MOREY

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Morey, B. 2021. El Pliocè marí de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental): proposta estratigràfica i paleoambiental. *In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 187-211. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

En els estudis de catalogació i valoració del patrimoni paleontològic de Mallorca (arxipèlag balear, Mediterrània occidental) es documenta un important registre corresponent al Pliocè marí que possibilita ordenar el període i a Mallorca en base a models cronològics a nivell global i mediterrani. A Mallorca i en els registres de final de conca la transgressió marina zanciana s'inicia amb registre marí planctònic (Fm. Margues amb *Amusium* sp. de Son Palou i de Son Mir) seguida de sedimentació infralitoral (Fm. Calcarenites amb pectínids de Ses Coves) per a finalitzar amb sedimentació mesolitoral (Fm. Calcarenites grogues amb *Persitistrombus coronatus* de Pontiró). Aquesta darrera unitat s'observa molt propera al límit Zanclià/Piacenzià-Z/P. Després d'una discontinuïtat sedimentària i/o superfície erosiva generalitzada en tot el registre i propera en aquest límit Z/P es documenta un nou cicle infralitoral (Fm. Margues amb ostrèids de Sta. Eugènia-Piacenzià) que finalitza amb nous registres mesolitorals (Fm. Calcarenites amb *Persitistrombus* sp. de Xorrijo i Banc d'Eivissa) propers ja al límit Pliocè/Pleistocè.

**Paraules clau:** *estratigrafia, paleoambients, Piacenzià, Pliocè, Zanclià.*

THE MARINE PLIOCENE OF MALLORCA ISLAND (BALEARIC ISLANDS, WESTERN MEDITERRANEAN): STRATIGRAPHIC AND PALEOENVIRONMENTAL PROPOSAL. In the cataloguing and valuation of the Palaeontological heritage of Majorca (Balearic Archipelago, Western Mediterranean) documents an important marine Pliocene record. This record possible ordered the Pliocene period of the island according global and Mediterranean chronostratigraphic models. In the continuous records (end of basins) the zanclean marine transgression starts with a planktonic sedimentation (Calculutites-marls and *Amusium* sp. Son Palou-Son Mir) followed of infralittoral sedimentation (Limestones-calculutites and *Pecten* sp. Ses Coves) to finalize with mesolittoral sedimentation and fossil beaches (Yellow limestones with *Persitistrombus coronatus*. Pontiró) and erosive surface/sedimentary discontinuity close to Zanclian/Piacenzian limit. After erosive surface documents a new marine-infralittoral cycle (Marls and oyster of Sta. Eugènia. Piacenzian) and last mesolittoral sedimentation (Limestones with *Persitistrombus* sp. of Xorrijo-Banc d'Eivissa) close to Pliocene/Pleistocene limit.

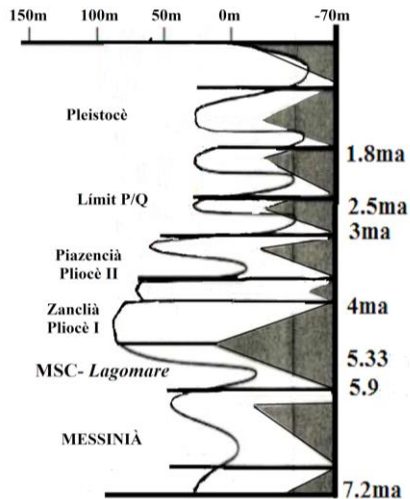
**Keywords:** *stratigraphy, palaeoenvironments, Piacenzian, Pliocene, Zanclean.*

Bernat MOREY; [bernatmoreycolomar@yahoo.es](mailto:bernatmoreycolomar@yahoo.es).

## Introducció

El registre Pliocè marí de l'illa de Mallorca (Mediterrània occidental) s'ha interpretat sovint amb sols dues famílies sedimentàries: *Fm. Calcilutites de Son Mir*-transgressió marina inicial i *Fm. Calcarenites de Sant Jordi* o registre mesolitoral posterior (Barón, 1978; Pomar *et al.*, 1983; Fornós *et al.*, 1991, 2013; Mas, 2015). Aquest registre, tot i ser bastant continu i ric en fauna (Bauzá, 1978, Morey i Mas, 2009, Morey, 2013; 2019; Mas, 2015) sols s'ha interpretat en sondeig (Barón, 1978, Colom, 1983; Mateu, 1982) i en ell mai s'han definit amb claredat els trànsits Zanclià/Piacenzià i Pliocè/Pleistocè en resposta a sengles refredaments climàtics observats a nivell global/mediterrani (Haq *et al.*, 1987; Berggren *et al.*, 1995; Lisiecki i Raymo, 2005, 2007; Lourens *et al.*, 2004; Gibbard *et al.*, 2010).

En la catalogació i valoració del patrimoni paleontològic de Mallorca es localitza un important registre pliocè marí en superfície confós sovint amb el registre Miocè o sols estudiat a nivell ictiològic (Fallot, 1922; Bauzá, 1978; Morey *et al.*, 2009; Mas, 2000; 2010; Morey i Forteza, 2017; Morey, 2018; 2019) (Fig. 1). En aquest estudi s'ordena i interpreta aquest nou registre junt amb el ja conegut tot amb l'objectiu d'enquadrar en el possible el trànsit Zancliense/Piacenzià, la transgressió marina posterior i el refredament climàtic finipliocè.



**Fig. 1.** Corba eustàtica per al Pliocè mediterrani segons Haq *et al.* (1987), Kewing (1982), Lisiecki i Raymo (2005), Dowset *et al.* (2013) i Khelifi *et al.* (2014).

**Fig. 1.** Eustatic curve for Mediterranean Pliocene according Haq *et al.* (1987), Kewing (1982), Lisiecki and Raymo (2005), Dowset *et al.* (2013) and Khelifi *et al.* (2014).

Així i en aquest estudi es pretén els següents objectius:

Presentar el registre del Pliocè marí localitzat i estudiat en els treballs de catalogació, caracterització i valoració del patrimoni paleontològic de Mallorca.



Identificar en el registre estudiat les fàcies pròximes a la regressió marina intrapliocena (trànsit Zancliense/Piacenzià) i al refredament climàtic Pliocè/Pleistocè.

Proposar una nova ordenació estratigràfica que s'adapti millor al registre estudiat i permeti la seva extrapolació a cicles glacioeustàtics a nivell global/mediterrani.

Justificar l'ordenació estratigràfica proposta amb una primera interpretació paleoambiental.

## Context geològic

L'illa de Mallorca és la major zona emergida de l'arc Balear. Aquest és una prolongació de les serres Bètiques cap al centre de la Mediterrània occidental (Fallot, 1922; Gelabert, 1997; Giménez *et al.*, 2007). Mallorca és una combinació de horsts (elevacions), plataformes miocenes i grabens o semigrabens (conques) estructurats per l'orogènia alpina (Pomar *et al.*, 1983; Morey, 2017, Fig. 1a). El període distensiu actual s'inicia en el període Langhià-Serraval·lià i es manifesta amb falles i fractures que afecten tant a l'estructura alpina de l'illa com al seu registre posterior (Pomar *et al.*, 1983; Silva *et al.*, 2005; Morey, 2018).

El registre miocè postectònic de Mallorca s'ordena en cicles marins-litorals (transgressió/ regressió marina/sedimentació mareal) separats per discontinuïtats estratigràfiques (Pomar *et al.*, 1983; Pomar i Ward, 1994; Morey i Forteza, 2017; Morey, 2018) tot i en resposta a canvis climàtics globals (Haq *et al.*, 1987; Krijgsman *et al.*, 1999; Lourens *et al.*, 2004; Raymo *et al.*, 2011).

La crisi finimessiniana mediterrània (5.99-5.33 Ma. Krijgsman *et al.*, 1999) es significa a l'illa amb registres llacunars i registres brackish-*Lagomare* sobre els que es diposita el registre pliocè estudiat (Mateu, 1982; Morey i Mas, 2009; Morey i Forteza, 2015; Morey, 2018). Aquest és un registre molt litoral que ja no mostra evidències de sedimentació mareal. En superfície s'observa fossilitzat pels sistemes dunars pleistocens o posat al descobert en diversos antiformes (Butzer, 1985; Morey i Forteza, 2015; Morey i Mas, 2009; Mas, 2015; Morey, 2016, 2018).

## Materials i mètodes

La catalogació del patrimoni Paleontològic de Mallorca s'ha iniciat amb la batuda sistemàtica del territori insular (3600 km<sup>2</sup>. Cinc recorreguts /km<sup>2</sup>. 2006-2018) a partir dels Mapes Topogràfics Nacionals 1: 25000 i dels mapes geològics del projecte MAGNA (Olmo-Zamora *et al.*, 1991). També s'ha treballat amb els models GPS Garmin eTrex Summit HC (cartografia Topo Espanya v.3.0, BCN 1: 25.0000-Datum Eur. 1950) i amb els visualitzadors digitals Google Earth i IDEIB. <http://ideib.caib.jsp>. Del patrimoni catalogat es selecciona el registre comprès entre la sedimentació finimessiniana-*Lagomare* (Morey i Mas, 2009) i els sistemes dunars pleistocens amb *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758) (Morey i Forteza, 2013). El conjunt seleccionat comprèn prop de 70 LIPs (Llocs d'Interès Paleontològic) (Morey, 2017) (Fig. 2a) compendiats en aquest estudi en uns 20 perfils estratigràfics.



**Fig. 2.** A). Illa de Mallorca i registre pliocè marí catalogat (plataforma de Lluçmajor, Conques de Palma i Campos i STA-Falla de Sta Eugènia-Sencelles-conca de Inca). B). Sondeig S31 (Mateu, 1982). C). Biocronoestratigrafia pel Pliocè mediterrani de Corbí i Soria (2016).

**Fig. 2.** A). *Pliocene record of Mallorca island. (Lluçmajor platform, Palma, Inca and Campos bassins and Sta Eugènia-Sencelles fault. B). Sounding S31 (Mateu, 1982). C). Biocronostratigraphy for the Mediterranean Pliocene (Corbí and Soria, 2016).*

Així se contempla i combina l'escàs registre documentat en l'inici dels estudis de catalogació patrimonial (Bauzá, 1978; Mas, 2000; Olmo-Zamora *et al.*, 1991; Mateu, 1982-Fig 2b; Colom, 1985) i el nou registre localitzat (Morey i Mas, 2009; Morey *et al.*, 2009; Morey, 2013; Mas, 2015; Morey, 2018).

La correlació entre paleofàcies s'aborda des de la seva integració en seqüències de dipòsit on cada cycle estratigràfic o Sintema s'entén com un cos rocós limitat per discontinuïtats significatives a nivell regional (Chang, 1975; Tent Manclús, 2003; Corbí, 2010; 2017; Corbí i Soria, 2016) (Fig. 2c). La posterior ordenació estratigràfica es reforça amb una primera interpretació paleoambiental i s'adapta a models glacioeustàtics a nivell global/mediterrani (Haq *et al.*, 1987; Berggren *et al.*, 1995; Krijgsman *et al.*, 1999; Hilgen *et al.*, 2000; Lisiecki i Raymo, 2005; Dowset *et al.*, 2013; Khelifi *et al.*, 2014). De cada perfil estratigràfic s'aporten coordenades UTM, altura sobre el nivell del mar, referències bibliogràfiques, fauna significativa i descripció resumida de les fàcies documentades de més antiga a més moderna (principi de superposició estratigràfica). S'ha optat per una descripció sintètica per poder observar i comparar tot o la majoria del registre de l'illa i no sols el d'un sector determinat. Aquest fet resulta fonamental en un registre distès, fallat, subsidit i basculat i/o aixecat per moviments orogènics posteriors com és el registre postectònic de Mallorca (Morey i Mas, 2009; Morey, 2013; 2017).

La interpretació paleoambiental es realitza a partir dels estudis micropaleontològics de Mateu (1982) o Colom (1983). Per mors la falta de bioindicadors planctònics en les fàcies mesolitorals (platges amb *Persitistrombus* sp.) s'estudien també les restes fòssils de mol·luscs. Aquests se mostren sensibles als canvis climàtics igual com passa en el Plistocè Superior marí de Mallorca (Cuerda, 1987, 1989; Morey, 2008; Vicens, 2015) o en el Tortomessinià mediterrani (Lacour *et al.*, 2002; Morey i Forteza, 2017; Morey, 2018).

## Resultats

### Descripció dels perfils

a) **Banc d'Eivissa** (457060-4368442. 100 m).

Penya-segats al SO de Mallorca (Miocè, Pliocè i Pleistocè) (Butzer, 1985; González Hernández *et al.*, 2000) (Fig. 3). De base a sostre es documenten:

-4 m. Calcàries i margues amb *Crassostrea* sp. Messinià (Fig. 3. M1. M2).

-2 m. Calcarenites blanc grises compactes i *packstone* de conquilles de mol·luscs propis d'ambients meso i infralitorals (*Conus* sp. i *Persitistrombus* sp.) (P1. Fig. 3).

-1-2 m. Platja de còdols amb matriu arenosa i *Persitistrombus coronatus* (Defrance, 1827) datada en l'episodi de polaritat magnètica inversa Matuyana (González Hernández *et al.*, 2000). (Fig. 3. P2).

-7 cm. Crosta calcària negra i lumaquel·la fòssil de mol·luscs mesoinfralitorals (*Conus* sp. *Columbella* sp., *Cerithium* sp.). Hemicicle F de Butzer (1985). P3-P/Q (Fig. 3).

-85 m. Quatre sistemes dunars pleistocens (Butzer, 1985), els dos inferiors amb *Rumina decollata* (Linneaus, 1758) i restes de cambres d'insectes (Morey i Forteza, 2013).



**Fig. 3.** Promontori del Banc d'Eivissa (100 m). Platges pliocenes amb *Persitistrombus* sp. (P1; P2) entre fàcies miocenes (M1; M2; M3) i sistemes dunars pleistocens (P/Q; A; B; C; D; E. Butzer, 1985; Morey i Forteza, 2013). Línies separant fàcies i cicles.

**Fig. 3.** Banc d'Eivissa promontory (100m). Pliocene beaches with *Persitistrombus* sp. (M1; M2; M3) and Pleistocene dunar systems (P/Q; A; B; C; D; E. Butzer, 1985; Morey and Forteza, 2013). Lines separating facies and cycles.

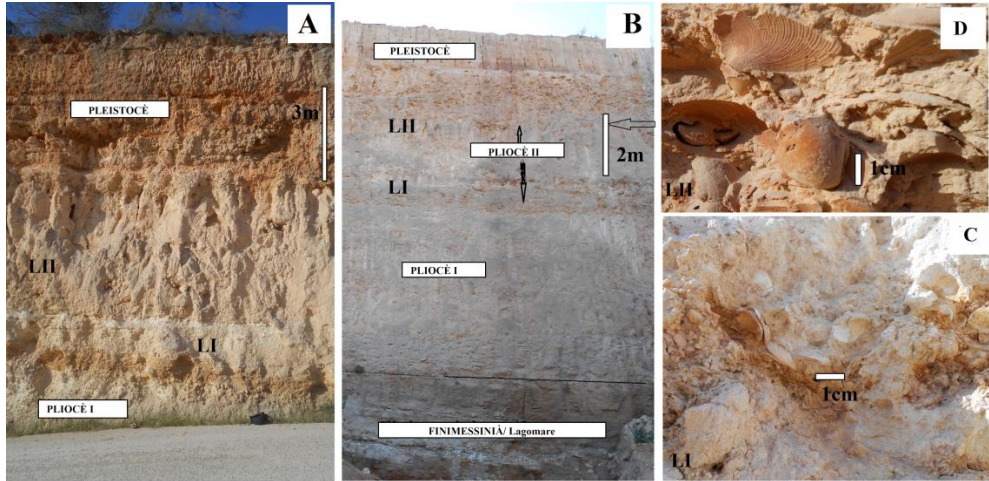
### Conca de Palma

**b) Ca'n Casetes** (482200-4375500. 40 m) (Fig. 4)-**Ca'n Nadal** (480.793 4373479. 31 m).

Pedreres entre la conca de Palma i la plataforma de Lluçmajor. De base a sostre es documenten (Mas, 2000; 2015 i observacions personals).

- Microbialites i calcàries obscures messinianes (*Fm. Calcàries Pont d'Inca*).
- Argiles i margues grises amb motlles de mol·luscs salobres (fàcies *Lagomare*).
- Còdols (inici transgressió marina pliocena).
- 5-10 m. Calcilitites beixos bioturbadas amb foraminífers planctònics (*Globorotalia margaritae*) i conquilles de mol·luscs (*Amusium* sp.) i escafòpodes (*Dentalium* sp.).
- Calcarenites i llims taronja amb poques restes fòssils (Fig. 4A).
- Ca'n Nadal. 10 m. Calcarenita blanc beix amb restes de bivalves (*Callista* sp., *Ensis* sp., *Chlamys* sp., Pectínids, *Panopea* sp.) i *Persitistrombus coronatus*.
- Ca'n Casetes (1.5 m). *Rudstone* de mol·luscs mesolitorals (*Persitistrombus* sp. *Panopea* sp.) amb matriu calcarenítica i porosa datada en torn als 4.5 Ma (87Sr/86Sr) . (lumaquel·la I) (Mas, 2015) (Figs. 4A i 4B).
- Ca'n Casetes (15-20 cm). Concentració d'ostreïds en matriu calcària-margosa (Fig. 4C). Lumaquel·la II datada entre els 3.3-3.02 Ma. (87Sr/86Sr) (Hearty a Mas, 2015).
- Ca'n Nadal (7 m). Margues arenoses amb restes de petits pectínids que passen a margues lutítiques marrons amb esporàdiques restes de cardífids (Fig. 4D).

Coronant els dos perfils combinats s'observen entre 5 i 7 m de eolianites i paleosòls amb gasteròpodes pulmonats (*Iberellus* sp.).



**Fig. 4.** Pedrera de Can Casetes (A; B). Pliocè--PI sobre *Lagomare* i coronat per cycle Infralitoral PII. C). Lumaquella-LI-amb pectínids i ostrèids. D). Lumaquella-LII.

**Fig. 4.** Can Casetes quarry (A; B). Pliocene--PI on *Lagomare* and Infralitoral PII cycle on PI. C). *Lumachele* LI-with *Pecten* sp. and oysters. D). LII.

### c) Son Mir

Barrancs excavats en un antiforme miocè sobre la conca de Palma (100-50 m). Seqüència pliocena descrita per Barón (1978) a Can Calixtro (Sondeig. Bloc inferior de la falla Sta Eugènia-Sencelles) (Morey *et al.*, 2009). Es localitzen i descriuen dos perfils en superfície:

*Son Mir I.* (480000-4383300. 20-55 m) (Fig. 5).

-1.5 m. visibles. Margues i lutites arenoses blanques i grogues massives bioturbades amb restes piritoses. Calcàries estromatolítiques laminades (Fm. *Calcàries Pont d'Inca*).

-15 m. de margues i calcilutites grogues massives bioturbades amb *Amusium* sp. i *Epitonium* sp. en bon estat de conservació (Figs. 5A i 5C).

-3 m. Margues blanc grises bioturbades amb motlles de *Panopea* sp. (Fig. 5D).

-3 m. Calcarenita arenosa groga amb motlles de pectínids.

-70 cm. Calcarenita i restes de concreta negra carstificada i restes de llims vermells.

-7 m. Calcarenita o lumaquella de mol·luscs mal conservats i elevada porositat (motlles) de *Persitistrombus* sp., *Conus* sp., *Callista* sp. o *Tellina* sp. (Fig. 5B).

*Son Mir II* (480090-4383250. 30-50m).

-12 m. Margues arenoses bioturbades beiges o grogues amb *Amusium* sp. (Fig. 5A).

-60 cm. Calcarenites grogues amb pectínids.

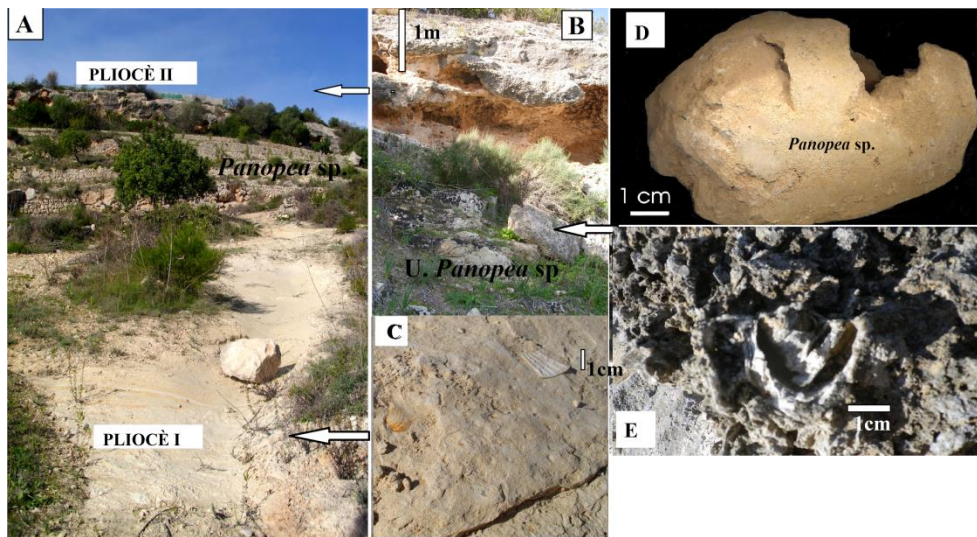
-1 m. Margues arenoses blanc grises. Capa capbussada 20° (no s'observa el previsible cabussament en les capes inferiors).

-30 cm. Calcarenites i còdols i motlles de *Glycymeris* sp.

-6 m. Calcarenita-rudstone de mol·luscs marins de significació càlida (*Persitistrombus* sp., *Tellina* sp., *Solen* sp. i altres espècies). (Fig. 5B).



En la localitat de Sa Cabaneta i sobre perfil anterior (478750-38575000. 100 m) s'observa una important concentració de *Persitistrombus* sp. en matriu calcarenítica. (Fig. 5E). Al turó proper de Ca'n Xarpa (478050-4382500. 45m.) i sobre mateixa lumaquel·la amb *Persitistrombus* sp. i *Panopea* sp. s'observen calcarenites amb *Glycymeris* sp. extrapolables a Son Mir II però atribuïdes per Cuerda (1987) al Pleistocè inferior.



**Fig. 5.** A) Son Mir I. Entrada del Pliocè marí sobre registre messinià coronat per lumaquel·la (B)-Pliocè II sobre margues amb *Panopea* sp. C). Margues amb *Amusium* sp. Pliocè I. D). Nivell de margues amb *Panopea* sp. en posició de vida. E). *Persitistrombus coronatus* (Defrance, 1827)-Pliocè II de Sa Cabaneta.

**Fig. 5.** A) Son Mir I profile. Marine Pliocene on the Messinian register crowned by lumachele (B) - Pliocene II on marls with *Panopea* sp. C). Marls with *Amusium* sp. Pliocene I. D). Level of marls with *Panopea* sp. in a life position. E). *Persitistrombus coronatus* (Defrance, 1827) -Pliocene II of Sa Cabaneta.

**d) Ca's General-Pontiró (484500-4383050. 110m-65 m) (Fig. 6A).**

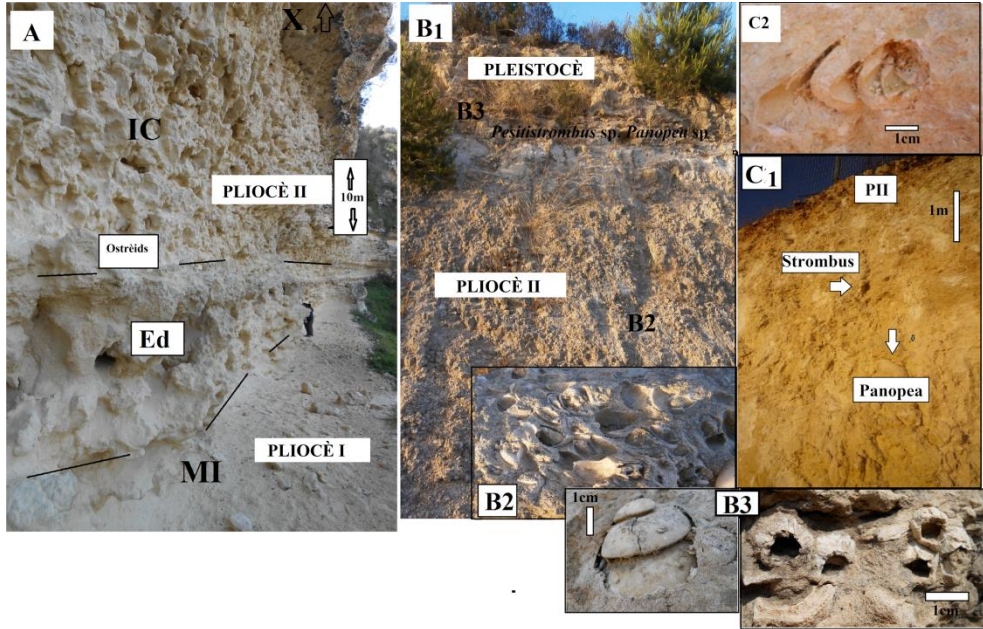
Torrent excavat en plataforma miocena sobre la conca de Palma (Morey i Mas, 2009; Mas, 2010). De Nord a Sud i seguint el torrent s'observen:

- 6 m. Calcàries obscures recristalitzades (*Fm. Calcàries Pont d'Inca*. Finimessinià)
- 20 cm. Margues grises amb motlles de hidròbids i cardítids (Facies *Lagomare*).
- 15 m. Margues i limolites beix massives i bioturbades amb *Amusium* sp.
- 20 m. Calcarenites i calcilutites estratificades amb *Pecten* sp. i equínids (Fig. 6A)
- 70 cm. *Pakstone* de mol·luscs marins (*Persitistrombus* sp.; *Panopea* sp.) i dents de peixos tropicals (Mas, 2010) en matriu arenosa-lutítica beix. (Pliocè I. Fig. 6A).
- Superfície erosiva.
- 5-7 m. Margues blanques bioturbades amb abundants ostrèids i balànids (Fig. 6A).
- Calcilutites amb pectínids i dents de peixos (*Sparus* sp.).



-1.5 m. Calcarenites grises. *Pakstone* de mol-luscs (*Persitistrombus* sp. *Panopea* sp.) (Fig. 6A).

-. 20m. Calcarenites edíliques amb estratificació creuada, rizoconcrecions i nivells edífics (3 hemicicles). Arenes amb restes de cerítids i cardítids.



**Fig. 6.** A). Barranc de Pontiró. Pas del Pliocè I (MI. Mesoinfralitoral) al Pliocè II (IC. Infralitoral). Ed. (superfícies erosives). B1). Xorrigo. Lumaquel·la mesolitoral (B2) amb *Persitistrombus* sp. coronada por platges (B3) amb *Persitistrombus* sp. C1). Son Gual. Fàcies grogues-Pliocè I amb *Panopea* sp. y *Persitistrombus* sp. -C2.

**Fig. 6.** A). Pontiró ravin. Pliocene I (MI. Mesoinfralitoral) to Pliocene II (IC Infralitoral). Ed. (erosive surfaces). B1). Xorrigo mesolitoral lumachele (B2) with *Persitistrombus* sp. crowned by beaches (B3) with *Persitistrombus* sp. C1). Son Gual. Yellow facies of Pliocene I with *Panopea* sp. and *Persitistrombus* sp. -C2.

**e) Xorrigo** (486000-438055040. 30-70 m) (Fig. 6B)-**Son Gual** (485000-4379500. 70 m) (Fig. 6C).

Barrancs i tall en la carretera Ma 15. Palma-Manacor (km 17) sobre la conca de Palma mostrand:

-Calcària dolomititzada i *rudstone* de mol-luscs i equinoids (*Scutella* sp.) (X). Calcàries recristalitzades (Fm. *Calcàries Pont d'Inca*) amb cristalls de guixos selenítics (G). Messinià.

-15 m. Margues i calcarenites beix bioturbades amb *Pecten benedictus* que passen a calcilitites grogues amb *Persitistrombus coronatus* i *Panopea* sp. en aquest ordre (Fig. 6C).

-20 cm. Xorrigo. Calcarenites blanc-grises amb *Pecten jacobus*.

-7 m. *Pakstone* de mol·luscs (*Cardita* sp. *Tellina* sp. *Solen* sp. *Glycymeris* sp.) amb *Persitistrombus* sp. en matriu arenosa blanc. grisa capbussant 15° cap al SW (depocentre-conca de Palma) (Fig. 6B2).

-Superfície erosiva.

-30-60 cm. *Pakstone* de mol·luscs amb *Persitistrombus coronatus* i *Panopea* sp. tot en matriu arenosa blanca-beix (Fig. 6B3)

-Eolianites amb restes edàfics, d'insectes i *Rumina decollata*.

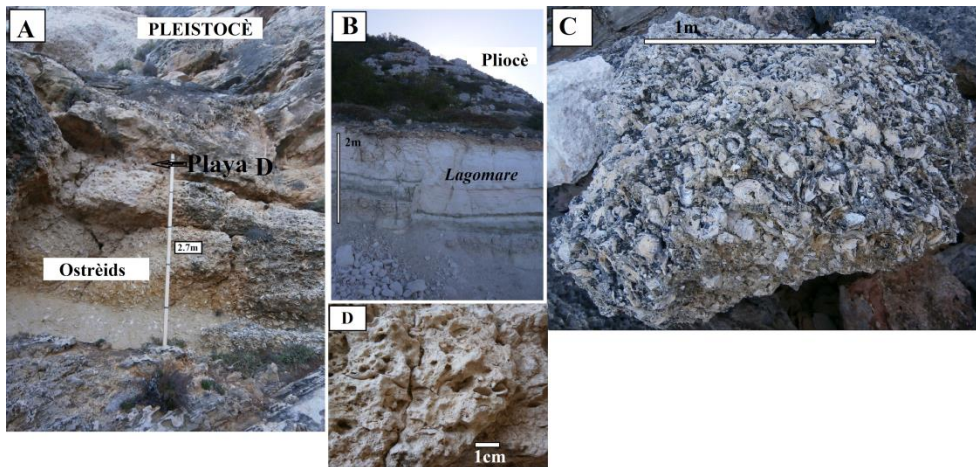
**f) Cap Enderrocat (478142-4375150. 15 m) (Fig. 7).**

Perfil inèdit. Contrafort oriental de la badia de Palma. De base a sostre i sobre calcàries miocenes s'observen:

-. 5 m. Acumulació de ostrèids i balànids (Fig. 7C).

-.70 cm. Calcarenites arenoses grogues. *Rudstone* de lamel-libranquis fòssils mesoinfralitorals (*Tellina* sp., *Gastrana* sp., *Glycymeris* sp., *Cardita* sp., *Donax* sp., *Ensis* sp.) (Fig. 7D).

-. 10 m. Calcarenites pleistocenes amb motlles de cerítids i cardítids. Restes de platges amb *Patella* sp. i *Conus textudinarius* (Pleistocè Mitjà-Superior).



**Fig. 7.** A). Cap Enderrocat. Acumulació d'ostrèids-C-sota platja -D sens fauna de significació càlida i sota sistemes dunars pleistocens. B). Moreria-Ses Olles. Pliocè I amb *Amusium* sp. sobre fàcies *Lagomare* i falla.

**Fig. 7.** A). Cap Enderrocat. Oyster accumulation -C-under beach -D non warm significance fauna and under pleistocene dune systems. B). Moreria-Ses Olles. Pliocene I with *Amusium* sp. about *Lagomare* facies and fault

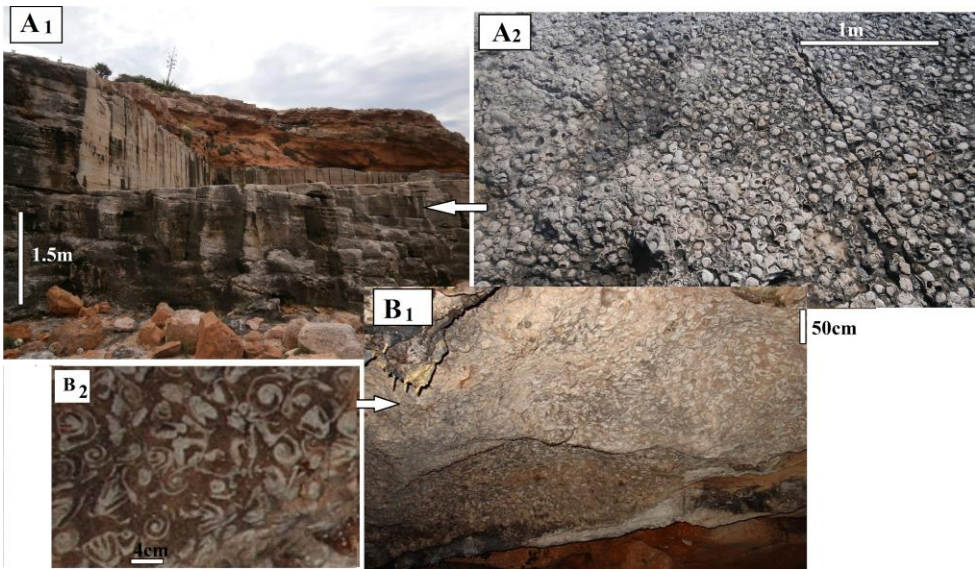
**Marina de Llucmajor i Conca de Campos.**

**g) Moreria (477800-4782000. 0-70m) (Fig. 7B) -Pas des Verro (478310-4.365.930. 30-80 m).**

Penya-segats en el Sud de l'illa. Perfil a partir de les observacions de Simó i Ramon (1986), González Hernández *et al.* (2000), Mas (2015) i aportacions inèdites, mostrant:

- 15 m. Tortomessinià. Fàcies de plataforma externa (*Halimeda* sp., *Amusium* sp.)
- 3 m. Messinià II. Fm. Calcàries Pont d'Inca.
- 20 cm. Margues grises amb fauna *Lagomare*.
- 6 m. Calcilitites grogues massives i bioturbades amb *Amusium* sp. i en contacte discordant (falla) amb Tortonià. (Fig. 7B).
- 5 m. Calcarenites poc estratificades amb escassos pectínids (observació inèdita).
- 3 m. Conglomerats de matriu arenosa blanca-beix sense fauna (observació inèdita).
- 35-40 m. 2/3 hemicicles dunars pleistocens (en estudi).

En el Pas des Verro (separat de Moreria per falla) i sobre miocè s'observa calcarenita arenosa beix amb fauna de mol·lusc fòssils (*Sacostrea* sp., *Glycymeris* sp., *Conus* sp., *Turbo* sp., *Patella* sp., *Lima* sp., *Acanthocardia* sp., *Cardita* sp., *Venus* sp. sense *Persitistrombus* sp.) considerada del Pleistocè inferior per Cuerda i Sacarés (1991) i datada entre els 4.81 Ma (+ -0.5 Ma) i 3.57 Ma per Hearty (Mas, 2015).



**Fig. 8.** Pliocè II. A1). Pedrera de Vallgornera. Acumulació de fauna mesolitoral arenosa-A2 sens espècies de significació càlida. B1). Important acumulació de *Persitistrombus coronatus* (Defrance, 1827) (B2) en la volta de la cova de Son Lluís (Porreres) a 149m sobre el nivell de la mar.

**Fig. 8.** Pliocene II. A1). Vallgornera quarry. Sandy mesolitoral fauna-A2 without warm significance fauna. B1). Main accumulation of *Persitistrombus coronatus* (Defrance, 1827) (B2) on the vault of Son Lluís cave at 149m above sea level.

#### **h) Cala Pi (485906-4357062. 15 m).**

Sobre la plataforma miocena de Cap Blanc-Llucmajor es disposa la seqüència pliocena de Cala Pi-Vallgornera amb:

- 0-5 m. Calcàries esculloses i calcarenites i oolites messinians (Mas, 2000).
- 2-5 m. Bretxes i conglomerats amb nivells arenosos decimètrics, pectínids mal conservats i dents de peixos (espècies de clima càlid-tropical. Mas, 2000).

-3-5 m. Lumaquel·la molt dura amb glycmèrids, tellínids i cardítids tot sense *Persitistrombus* sp. Pedreres de Cala Pi i Vallgornera (Muntaner, 1959) (Figs. A1 i A2) considerades miocenes per Pomar *et al.* (1983), Mas (2000) o Mateos *et al.* (2011).

-Eolianites i paleosòls pleistocens amb restes d'insectes i gasteròpodes pulmonats (diversos hemicles) i restes de platges pleistocenes (Cuerda i Sacarés, 1991).

### **i) Campos Sa Ràpita.**

Sobre la plataforma miocena de Porreres (centre sud de l'illa. Fig. 1) es disposa el pliocè dels Monjos (502750-4369300. 50m. Mas, 2015), de Sa Ràpita (Morey, 2011. 2m) i les platges amb *Persitistrombus coronatus* (Defrance, 1827) de Son Lluís (501750-4370200. 145-149m. Colom *et al.*, 1968. Fig. 8. B1).

En perfil combinat per a tot el conjunt (Morey, 2011) s'observen:

-2 m. Margo-calcàries blanques i argiles vermelles amb cristalls de quars. Fauna salobre.

-5-7 m. Calcarenites grogues amb ostràcodes i foraminífers bentònics llacunars (*Ammonia* sp., *Elphidium* sp.), dents de peixos (*Sparus* sp. *Diplodus* sp. *Carcharias* sp. Mas, 2015) i motlles de mol·luscs (*Persitistrombus* sp., *Conus* sp.,...).

-7-10 m. Arenes i lutites grogues amb *Panopea* sp. (Són Garau).

-1 m. Calcarenites grises amb important concentració de *Persitistrombus coronatus*. És Baulens, Son Mulet i Cova de Son Lluís (Fig. 8. B2).

-Dunes pleistocenes amb *Rumina decollata* i restes d'insectes.

En el litoral de Sa Ràpita (586500-4.357. 100 m) i en un tall proper de la carretera a Campos (Es Serralt. 436300-4999500. 25 m) i sobre Miocè s'observen.

-Arenes i lutites grogues

-Superfície erosiva i nivells de cerítids de matriu calcarenítica (Sa Ràpita i Es Serralt).

-0.5-1 m. *Pankstone*-de cardítids i tellínids de matriu calcarenítica (Sa Ràpita)

-1-2 m. Margues blanc-grises amb important concentració d'ostrèids (Serralt).

-Eolianites. Sistemes dunars litorals *Riss* i *Würm* i platges pleistocenes (Morey, 2011).

### **Conca d'Inca**

La falla Sta. Eugènia-Sencelles deixa en superfície un important registre Pliocè citat per Hermite (1879) i Fallot (1922) i interpretat per Morey i Mas (2009) com a referent per al pliocè de Mallorca (Morey, 2013; 2016).

Sobre fàcies Lagomare (Morey i Mas, 2009) i combinant diversos perfils s'observen:

### **j) Són Palou-Ses Coves. (484200-4316950. 200-245m. Fig. 9).**

-25 m. Margues i limolites beix massives bioturbades amb *Amusium* sp. (Figs. 9A i 9C) que passen a calcilutites amb escafòpodes (*Dentalium* sp.).

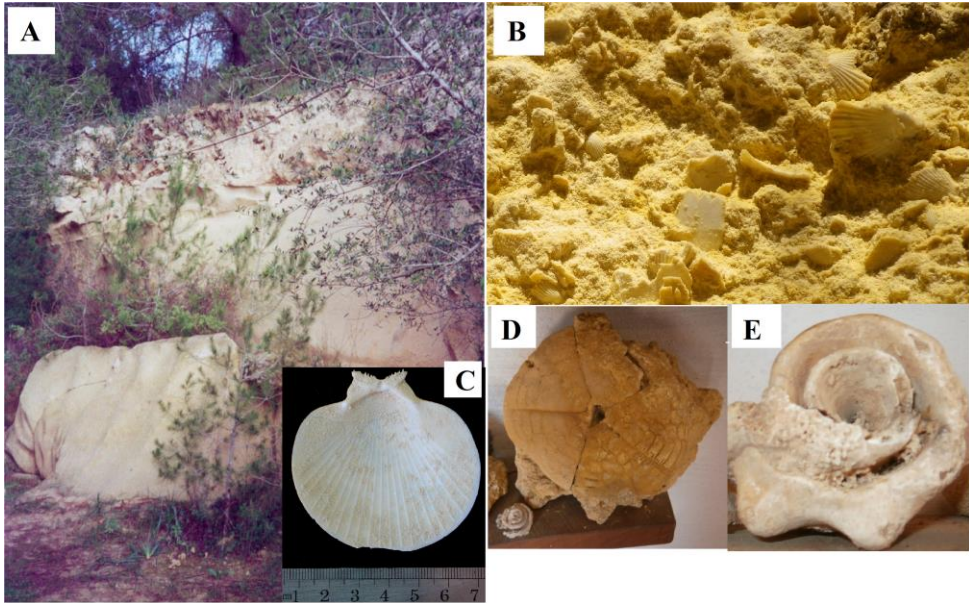
-10 m. Calcarenites i calcilitas arenoses beixos estratificades amb equinoderms (*Schizaster* sp.) (Figs. 9B i 9D), ostrèids i pectínids.

Superfície erosiva capbussant 40° cap al SO.

-1-2 m. Calcarenites arenoses ocres amb motlles de mol·luscs (*Panopea* sp. *Persitistrombus* sp.) (Fig. 9C) i dents de peixos que passen a calcarenites compactes amb pectínids i rizoconcrecions. Coberta i pendent del turó capbussant 30-35° cap al N-NO (depocentre de la conca d'Inca).



El perfil continua cap al poble de Sta. Eugènia (Figs. 10B i 10C):



**Fig. 9.** A). Son Palou-Comellar des Rafal. Fm. *Calcilutites* con *Amusium* sp. -C que passen a (B) Calcarenites amb pectínids i equínids -D (Fm. *Calcarenites* amb pectínids de Ses Coves). Aquestes finalitzen amb platges amb *Persitistrombus* sp. (E. Col·lecció Martorell).

**Fig. 9.** A). Son Palou-Comellar des Rafal. Fm. *Calcilutites* with *Amusium* sp. -C and (B). Limestone with *Pecten* sp. and equinoidea -D (Fm. Limestone with *Pecten* sp. of Ses Coves). These end with beaches with *Persitistrombus* sp. (E. Martorell Collection).

**k) Sta. Eugènia-Sa Creueta (484200-4316950. 150m.).**

Sobre calcarenites grogues plegades i sovint bretxificades formant coves amb tram superior consolidat i capbussant 30-35° (Coves de Lourdes. Fig. 10A) s'observen (Fig. 10B):

-1 m. Calcàries i margues blanc grises amb ostrèids i motlles de cerítids i cardítids.

-50 cm. Margues blanques amb gasteròpodes (*Tympanotono* sp.), ostràcodes i concentracions d'ostrèids (7-8 m) (Figs. 10D i 10E).

En el turó proper des Puget (Perfil l. Can Ferriol-486470-4386300. 140 m) (Fig. 10C) i de Can Nadal-Cova des Negret. N-NO de la falla (Morey i Mas, 2009) i de base a sostre s'observen:

-40 cm. bretxes de matriu margosa blanca i groguenca amb *Panopea* sp.

-Calcarenita dura amb dents de peixos (*Diplodus* sp.). Superfície erosiva.

-50 cm. Margues blanc grisos amb restes d'arrels i matèria orgànica, ostràcodes i restes de gasteròpodes salobres (*Tympanotono* sp.) (Fig. 10C).

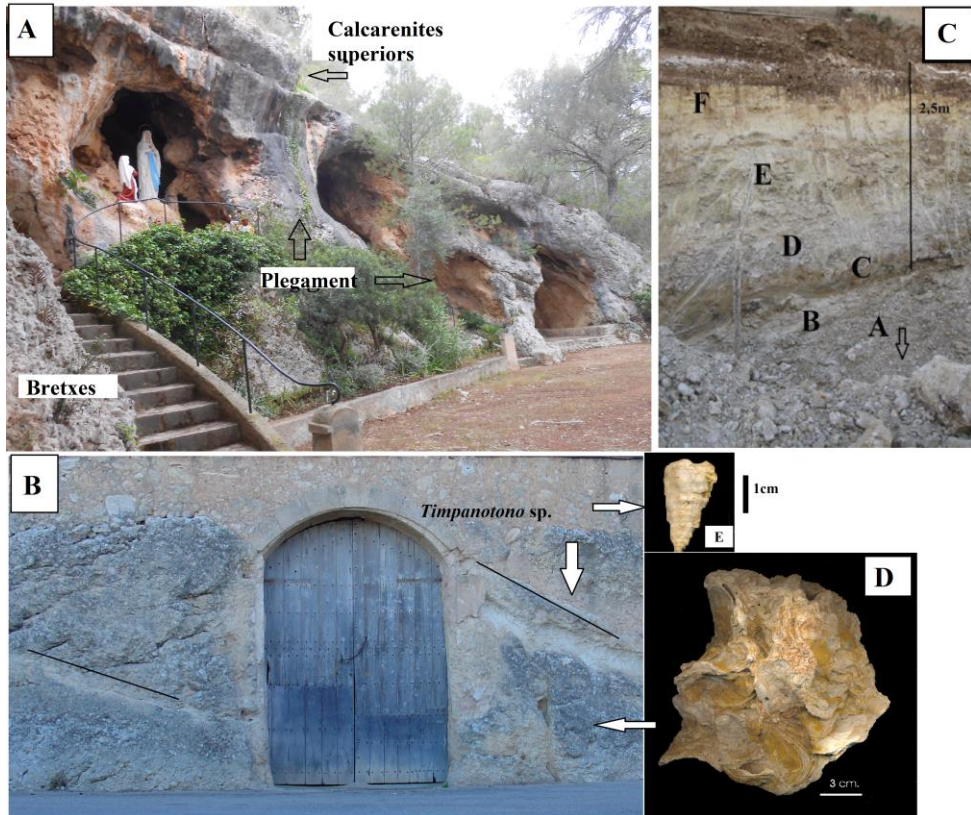
-20 cm. Argiles amb restes carbonosos i ferruginosos, *Ammonia* sp. i ostràcodes com *Cyprideis torosa*.

-20 cm. Nivells obscurs piritosos (anòxics) de potència centimètrica combinats amb llims marronencs amb *Cardium* sp. i gasteròpodes llacunars (*Hydrobia* sp.).

-80 cm. Argiles arenoses i vermelloses amb *Cardium* sp. Arenes marines amb tellínids.

-1 m. Alternança de lumaquelles de tellínids i cardítids i de margues blanc-grises amb ostràcodes, *rudstone* d'ostrèids i foraminífers bentònics (tres nivells decamètrics).

-50 cm. Calcarenites blanc-arenoses amb espècies del gènere *Patella* sp. i *Cardium* sp. i restes de cerítids.



**Fig. 10.** A). Coves de Lourdes (Antiforme de Sta. Eugènia). Sistema plec-falla afectant al Pliocè de Son Palou-Fig. 9-i capbussant el Pliocè II de Sa Creueta-B amb ostrèids-D i *Tympanotono* sp.-E. C). Gelasia de Can Ferriol amb diverses nivells (lletres) de margues amb ostrèids, registres anòxics i marins mesolitorals.

**Fig. 10.** A). Lourdes cave (Sta. Eugenia Antiform). System folds affecting the Pliocene of Son Palou-Fig. 9-and the Pliocene II of Sa Creueta-B with obstructions-D and *Tympanotono* sp.-E. C). Gelasian of Can Ferriol with several levels (litters) and anoxic record and mesolitorals.

**m) Cova Monja-Son Vent (487700-4386800. 110 m.).**

Cova excavada en materials pliocens sobre calcàries finimesianianes amb guixos (Morey i Mas, 2009). El registre pliocè comprèn:



- 6 m. Calcarenites massives grogues i ocre amb pectínids i restes de coralls solitaris
- 4 m. Margues i calcarenites blanc grisos bioturbades amb restes de ostrèids.
- 2-3 m de margues i arenes amb *Ensis* sp., glicimèrids, tellínids i cardítids
- Calcarenita dura *pankstone* de motlles de *Persitistrombus* sp. i *Panopea* sp.
- Margues blanques i acumulacions d'ostrèids barrejades amb al·luvions pleistocens.

**n) Terrer Blanc** (488870-4387700. 110 m) i **Sencelles-Llubí** (500100-4394500. 120-70 m). Sobre calcàries estromatolítiques messinianes (Morey i Mas, 2009) s'observen:

- 15 m. Margues i limolites beiges bioturbades amb *Amusium* sp.
- 10 m. Calcarenites i calcilitas arenoses blanc grogues amb pectínids.
- 5 m. Calcarenites. *Pakstone* de motlles de *Panopea* sp. i *Persitistrombus* sp.

## Discussió

### *Ordenació estratigràfica i sedimentària*

Entre les fàcies finimessinienses i les restes dels primers sistemes dunars pleistocens s'observen dos cicles sedimentaris marins-litorals separats per una important superfície erosiva present en tot el registre. De més antigues a més modernes i per principi de superposició estratigràfica es documenta la següent seqüència sedimentària:

-Sedimentació marina planctònica. Margues amb *Globorotalia margaritae*. Sols observada en grabens i en sondeig (Baró, 1978; Mateu, 1982; Colom, 1985).

-Sedimentació circa-infralitoral. Calcilitites amb *Amusium* sp. (Son Palou, Son Mir, Can Casetes, Son Gual etc. (Morey i Mas, 2009) (Figs. 4., 5, 6 i 9).

-Sedimentació infralitoral. Calcarenites estratificades amb equínids i pectínids de significació càlida (Son Palou, Can Casetes, Xorrijo. Bauzá, 1978; Morey i Mas, 2009; Mas, 2015) (Figs. 6 i 9).

-Sedimentació mesolitoral. Calcarenites grogues amb *Persitistrombus coronatus* (Can Casetes, Pontiró, Xorrijo, Son Palou (Figs. 5, 6 i 9).

-Superfície erosiva (Figs. 4, 5 i 6). Sobre aquesta s'observen:

-Margues blanques amb cerítids, ostrèids i balànids a Sta. Eugènia (Fig. 10), Pontiró (Fig. 6) i Ca'n Casetes (Fig. 4).

-Calcarenites grises amb *Persitistrombus* sp. presents a Xorrijo, Són Mir-Ca'n Xarpa. (Figs. 5 i 6) o bé lumaquel·les de glicimèrids i tellínids i sense fauna de significació càlida a Xorrijo (Fig.6), Vallgornera (Fig. 8) i Sa Ràpita.

-Sistemes dunars i paleosòls pleistocens amb gasteròpodes pulmonats.

### *Paleoambients documentats*

De més a menys profunditat es documenten (Fig. 11. Taula 1):

a) Registres hemipelàgics de salinitat normal amb foraminífers planctònics (*Globorotalia* sp. i *Globigerina* sp.) (Mateu, 1982).

b). Ambients circalitorals. Margues i calcilitites amb *Amusium* sp. (Figs. 5C i 9C) *Epitonium* sp., cerítids. Concentracions de *Panopea* sp. (Fig. 5D)

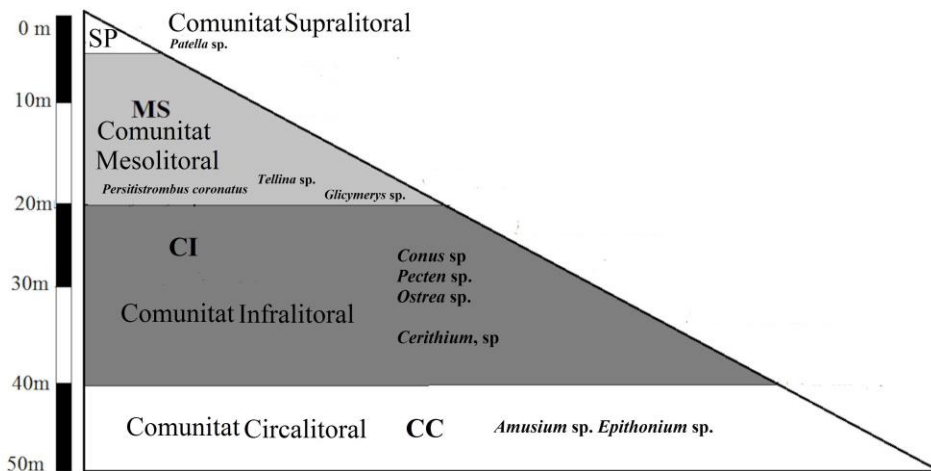
c) Ambients de plataforma infralitoral rocosa amb petits ostrèids (Fig. 4C) o infralitoral d'aigües obertes amb foraminífers bentònics (*Amphistegina* sp.), equinoids (*Clypeaster* sp.

*Schizaster* sp. Fig. 9D), pectínids, gasteròpodes (*Conus* sp. *Turritela* sp.) (Fig. 10E ) i dents de peixos (Bauzá, 1978; Mas, 2000; 2010; 2015).

d) Concentracions d'ostreïds, *Ostrea edulis*. (Figs. 7C i 10D).

e) Registres mesolitorals i platges de significació càlida amb *Persitistrombus* sp. (Fig. 8B) o de clima temperat (*Glycymeris* sp. *Tellina* sp.) (Figs. 8A i 7D).

f) Registres litorals subjectes a importants canvis de salinitat, *lagoon* o *brackish*. Llims i margues amb mol·luscs llacunars (*Hydrobia* sp., *Limnocardium* sp.).



**Fig. 11.** Mol·luscs litorals i paleoambients per al registre Pliocè i Pleistocè de Mallorca (Cuerda, 1987; Morey, 2008).

**Fig. 11.** Coastal mollusc communities for the Mallorcan Pliocene and Pleistocene (Cuerda, 1987; Morey, 2008).

Paleoambients	
Planctònic	Foraminífers. <i>Globorotalia margaritae</i> .
Circa-infralitoral	<i>Amusium</i> sp., <i>Epithonium</i> sp., <i>Dentalium</i> sp.
Infralitoral arenós	<i>Conus</i> sp., <i>Pecten benedictus</i> , <i>Pecten jacobaeus</i> , <i>Panopea</i> sp., Cerítids
Infralitoral rocós	Equínids. Petits ostreïds.
Turbidesa-nutrients	Concentracions d'ostreïds i balànids
Mesoinfralitoral	<i>Panopea</i> sp., <i>Persitistrombus coronatus</i> , <i>Tellina</i> sp., <i>Ensis</i> sp., Glycymèrids
Brackish	<i>Cardium</i> sp., <i>Limnocardium</i> sp., Hidrobiidae

**Taula 1** per a Figura 11. Paleoambients documentats en el pliocè marí de Mallorca.

**Table 1** (for Fig 11.). Pliocene marine of Mallorca and palaeoenvironments observeds

Interpretació del registre:

D'acord amb les observacions de Kewing (1982), Dowset *et al.* (2013), Khelifi *et al.* (2014), Corbí (2010; 2017) o Le Roux (2012) el registre pliocè marí mediterrani es pot organitzar en 5 episodis paleoclimàtics i paleoceanogràfics (fig. 2) distints i consecutius.

a) Obertura de la comunicació atlàntica. Transgressió marina zanciana (5.33 Ma. Krijgsman *et al.*, 1999).

- b) Estabilització marina zancliana. Clima tropical en latituds mediterrànies.
- c) Refredament climàtic fini zanclià i regressió marina associada. Trànsit Zanclià-Piacenzià.
- d) Estabilització climàtica i repunt càlid (Naish i Wilson, 2009; Le Roux, 2012).
- e) Refredament climàtic finipliocè. Inici de les glaciacions pleistocenes (3.2-2.7 Ma. Milne i Mitrovica, 2008; Gibbart *et al.*, 2010).

A continuació és discuteix com es manifesta o si es manifesta cada un d'aquests episodis en el registre estudiat.

a) El primer registre marí sobre les fàcies *Lagomare* (zona *Acme Sphareidiniopsis*.; entrada de *G. margaritae*. Bolli & Bermúdez) es documenta de manera clara a s'Albufera (Fig 1), Son Palou (Fig. 9), Can Casetes (Fig. 4). (*Fm. Margues amb Amusium* sp. Mateu, 1982; Colom, 1985; Olmo-Zamora *et al.*, 1991; Morey i Mas, 2009; Mas, 2015). Aquest registre se correspon amb l'obertura de l'Estret de Gibraltar i la conseqüent transgressió marina que marca l'inici del Pliocè Mediterrani (Mateu, 1982; Colom, 1985; Olmo-Zamora *et al.*, 1991; Morey i Mas, 2009).

Els dipòsits mesolitorals en es Pas des Verro i datats per radiometria  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  vers els  $4.81 \pm 0.5\text{Ma}$  (Mas, 2015) poden ser per tant finimessinians o zanclians (opció contemplada tant per Mas, 2015 com per Cuerda i Sacarés, 1991). No s'han localitzats altres dipòsits de costa baixa interiors i coetanis com es podria deduir d'un registre adossat a plataforma (Morey *et al.*, 2009).

b) El registre infralitoral que trobem a continuació (calcarenites i calcilitites estratificades i fauna de significació càlida amb *Pecten benedictus*. Bauzá, 1978; Bouchet, 2011. Fig. 9B) se pot relacionar amb l'estabilització climàtica zancliana (presència de *G. margaritae* Bolli & Bermúdez i de *G. pucticulata* d'Orbigny. Mateu, 1982; Corbí, 2010; Corbí i Soria, 2016). Aquest registre i a Can Casetes s'ha datat entre els 4.5 i 3.7 Ma (Mas, 2015). Se pot considerar per tant extrapolable al Pliocè I mediterrani (Montenat, 1973; 1977; Soria *et al.*, 1996; Aguirre *et al.*, 2005; El Kadiri *et al.*, 2011).

c) El trànsit del Zanclià al Piacenzià es significa a nivell global/mediterrani amb un refredament climàtic generalitzat (trànsit de *G. margaritae* a *G. hirsuta*) (Naish i Wilson, 2009; Berggren *et al.*, 1985; Aguirre, 1995; Corbí i Soria, 2016) (3.41Ma).

Mateu (1982) i en el sondeig S-31 de s'Albufera relaciona la desaparició de *Globigerinopsis-acme* i de *G. margaritae* (-140/-120 m) amb un dràstic descens de la temperatura però no pot precisar l'edat de l'esdeveniment.

En superfície els primers registres mesolitorals generalitzats sobre les fàcies infralitorals corresponen a calcàries arenoses grogues (calcarenites) amb fauna de significació càlida (*Persitistrombus coronatus*) (Fig. 9). Aquestes passen de manera generalitzada a lumaquel·les blanques i grises amb fauna mesolitoral (Ca'n Casetes, Son Mir, Son Palou, Son Gual) (Figs. 4, 5, 6 i 9). Tot suposa una discontinuïtat sedimentària clara respecte a les margues blanques posteriors.

El color groc a les roques s'associa a la presència de ferro i cert grau de pedogènesis (oxidació de llims i al·luvions en superfície) en contrast amb fàcies blanques amb ostrèids pròpies de sedimentació litoral més anòxica. Aquest contrast s'observa de manera acusada en registres com Pontiró (Fig. 6), Sta. Eugènia (Fig. 10B) totes propers a desembocadures de torrents miocens i pliocens. Aquesta discontinuïtat estratigràfica tot vora la superfície

erosiva (Figs. 4, 5 i 6) en un registre tan distès com l'estudiat (Morey, 2013) s'interpreta com a reflex del canvi climàtic proper al trànsit Zancliense/Piacenzià-Z/P.

Q	Paleofàcies	Localitats
Q	Eolianites i al·luvions Pleistocens	Tots els perfils. Cerítids i cardítids.
Superfície erosiva/discontinuitat		
PII	Platges amb <i>P. coronatus</i> .	Xorrigo, Banc Eivissa, Son Vent, Can Casetes, Sa Cabaneta
PII	Lumaquel·les amb fauna de significació càlida	Xorrigo, Vallgornera, Sta Eugènia-Puget.
PII	Margues amb ostrèids i cerítids	Sta. Eugènia, Creueta-Puget, Pontiró, Cap Enderrocat, Serralt.
Superfície erosiva Z/P-discontinuitat		
PI	Platges amb <i>P. coronatus</i> y <i>Panopea</i> sp.	Banc Eivissa, Son Palou, Son Mir, Son Gual, Monjos, Casetes
PI	Calculitites i calcarenites. Pectínids	Ses Coves, Cova Monja, Pontiró, Casetes. Sencelles, Llubí
PI	Margues amb <i>Amusium</i> sp.	Son Palou, Son Mir, Can Casetes, Moreria, Terrer Blanc, Llubí
Finimessinià/ <i>Lagomare</i>		
		Son Palou, Moreria, Can Casetes, Son Mir, Pontiró, Serralt.

**Taula 2.** Paleofàcies documentades i ordenades per edat i per cada registre de final de conca (Principi de superposició estratigràfica). PI-Pliocè I (fàcies grogues) . PII. Pliocè II. Q. Pleistocè.

**Table 2.** *Palaeofacies documented and ordered by age and for each end record of the basin . PI-Pliocene I (yellow facies). PII. Pliocene II. Q. Pleistocene.*

## PII. Segon cicle infralitoral Pliocè

d) Sobre la superfície erosiva ZP es documenten fàcies de calculitites i margues blanques amb cerítids i ostrèids (Sta. Eugènia, Pontiró, Ca'n Casetes o Es Serralt (Figs. 5 i 9) i concentracions de *Panopea* sp. en posició de vida (Fig. 5). Aquests ambients segons Rivas *et al.* (1999) i Jiménez *et al.* (1991) són propis de plataforma infralitoral.

Les concentracions d'ostrèids amb ostràcodes i sense altra macrofauna se corresponen a ambients meso-infralitoral amb important aportació continental (llims, al·luvions) amb molta terbolesa, poca concentració d'oxigen en aigua, però amb important concentració de nutrients. En observar-se aquestes fàcies posteriors a la superfície erosiva (Sta. Eugènia) (Fig. 10B) i datar-se properes als 3.5 Ma (Ca'n Casetes. Lumaquel·la II) (Fig. 4C) es consideren ja Piacenzianes i properes al trànsit *G. puncticulata*/*G. crassaformis*.(3,2 Ma.) (Mateu, 1982).

e) Trànsit Pliocè-Pleistocè o fini-pliocè. En els registres de Son Mir II, Can Casetes (Fig. 4D), Pontiró (Fig. 6A), Xorrigo (Fig. 6B) o Sta. Eugènia (Fig. 10B) i sobre les margues blanques amb ostrèids descrites en l'apartat d s'observen noves lumaquel·les de mol·luscs mesolitorals amb *Persitistrombus coronatus*. Aquestes fàcies s'han de considerar Piacenzianes si acceptem que *Persitistrombus coronatus* desapareix a la Mediterrània entre els 3.2-3 MA (Raffi i Monegatti, 1993; Milne i Mitrovica, 2008). En cas contrari podrien ser posteriors.

En el perfil de Xorrigo (Fig. 5) i sobre les fàcies grogues primi-pliocenes s'observa una potent lumaquel·la de lamel·libranquis i conglomerats cimentats sota un nou nivell d'arenes amb *Persitistrombus coronatus*. Aquestes es situen a l'igual que a Son Lluís (Fig. 8B1) just sota els sistemes dunars Pleistocens. En ser aquestes les últimes acumulacions de *Persitistrombus coronatus* sobre lumaquel·les mesolitorals sense fauna tropical podrien correspondre a l'últim òptim càlid pliocè (Naish i Wilson, 2009; Le Roux, 2012).

Mateu (1982) documenta una nova bentonització del registre a prop dels 2.6 Ma (entre -120 i -114 m) avui límit Pliocè-Pleistocè. No es disposen de datacions en superfície per

considerar si aquest límit es correspon amb l'inici d'algun paleosòl o sistema dunar fòssil. Els registres mesolitorals i propers al nivell de la mar de Vallgornera (Fig. 8A), Cap Enderrocat (Fig. 7D), Sa Ràpita o el Nivell I de Banc d'Eivissa sense *Persitistrombus* sp. i fossilitzats per sistemes dunars pleistocens poden ser per tant i fins que no se datin amb més exactitud registres piacencians, gelasians o fins i tot posteriors.

## Interpretació paleoambiental

Els registres planctònics de profunditat sols els documenten en els grabens i al principi del Zanclià (Mateu, 1982). En superfície i sobre el registre finimessinià es documenta un primer registre circalitoral (margues amb *Amusium* sp. i *Dentalium* sp.). Sobre aquest o encara sobre el registre finimessinià i en totes les conques s'observa una ciclicitat de registres infralitorals i mesolitorals només interrompuda per esporàdics registres de *lagoon* (datats a s'Albufera de Mallorca entre els 3.2 i 2.6 Ma) (Mateu, 1982).

Les primeres fàcies infralitorals (equinoids i pectínids de significació càlida (Fig. 9) s'observen separades del segon cicle infralitoral (margues amb ostrèids i *Tympanotono* sp. *Panopea* sp.) (Figs. 5 i 10) per un registre mesolitoral (platges amb *Persitistrombus* sp.9 (Fig. 9) i per una superfície erosiva. El registre mesolitoral documentat es divideix llavors entre registre anterior en aquesta superfície erosiva (Son Palou, Son Mir I, Pontiró) (Figs. 5, 6 i 9) i el posterior al segon cicle infralitoral (Figs. 5, 8 i 10).

La presència de *Persitistrombus coronatus* en el Pleistocè inferior de l'illa (i per tant la seva funció d'espècie crono-indicadora pel Pliocè mallorquí), és difícil de provar per mors l'escassetat de registre marí posterior al descrit en aquest estudi i anterior a les platges amb *Persitistrombus latus* corresponents als estadis isotòpics MIS 7 i MIS 5 (Cuerda, 1989; Morey, 2008; Vicens, 2015).

Les lumaquel·les de lamel·libranquis mesolitorals sense fauna de significació càlida de Vallgornera (Fig. 8) se situen sota els primers sistemes dunars pleistocens amb *Rumina* sp. (Pleistocè inferior). A Xorrijo, lumaquel·les semblants, se situen sota l'últim nivell amb *Persitistrombus* sp. (Figs. 6 i 8).

## Ordenació estratigràfica proposada.

Per al registre Pliocè marí estudiat es proposen 5 unitats lito i bio-estratigràfiques d'acord amb els models climàtics observats en el Pliocè mediterrani i d'acord també amb el registre documentat. Cada unitat es defineix de forma sintètica i segons la IUGS (Salvador, 1994; Mas, 2015) amb nom, litologia, estratigrafia, fauna significativa i localitat tipus de referència (Taula 3).

Per al primer cicle pliocè (Sistema I-SCI. Fàcies grogues. Zanclià) es proposen tres famílies sedimentàries segons naturalesa i edat del registre.

-Fm. Margues amb *Amusium* sp. de Son Palou-Són Mir. Circalitoral. Zanclià inferior

-Fm. Calcarenites amb pectínids de Ses Coves. Infralitoral. Zanclià inferior i mitjà.

-Fm. Calcarenites grogues amb *Persitistrombus* sp. de Pontiró. Mesolitoral. Zanclià.

En el segon cicle marí (Sistema II-SP2-Piacenzià) es proposen dues famílies sedimentàries més:

-Fm. Margues amb ostrèids de Sta Eugènia. Infralitoral. Transgressió marina i estabilització climàtica.

-*Fm. Calcarenites amb Persitistrombus sp. de Xorrigo-Banc d'Eivissa*. Registre mesolitoral. Fini-pliocè.

L'antiga unitat *Fm. Calcarenites de Sant Jordi* (Pomar *et al.*, 1983) es considera obsoleta i poc informativa en contemplar-se en ella i de manera indistinta registres mesolitorals zanclians, piazenians i fins i tot pleistocens (Cova des Dolç, 1169 ka) (Fornós *et al.*, 2013).

<b>Descripció de les unitats bioestratigràfiques proposades</b>	
<b>SI</b>	<p><b>Fm. Margues amb Amusium sp. de Son Palou i Son Mir</b>  <b>Localitats tipus:</b> Son Palou. Son Mir  <b>Coordenades UTM</b> (datumWGS84): Son Palou. 484200-4316950. Cota 220 m  <b>Accessibilitat:</b> bona des de Olleries (Sta. Eugènia)-Es Rafal (Fallot, 1922).  <b>Litologia:</b> margues i calcilitites bioturbades.  <b>Estratigrafia:</b> perfil j-Son Palou-Sta. Eugènia; c1-Son Mir.  <b>Conjunt fòssil:</b> <i>Globorotalia margaritae</i>, <i>Amusium sp.</i> <i>Epitonium sp.</i> <i>Dentalium sp.</i>  <b>Geocronologia:</b> Zanclità inicial.  <b>Ambient sedimentari:</b> sedimentació planctònica nerítica-o circalitoral  <b>Correlació:</b> <i>Marga amb Amusium sp.</i> (García Yagüe i Muntaner, 1968); <i>Calcilitites Son Mir</i> (Pomar <i>et al.</i>, 1983). P1-<i>Fm. Margas Hurchillo</i> (Montenat, 1977; Soria <i>et al.</i>, 1996); Miembro I-P1 (El Kadiri <i>et al.</i>, 2011).</p>
<b>SI</b>	<p><b>Fm. Calcarenites amb pectínids de Ses Coves</b>  <b>Localitat tipus:</b> Ses Coves (Sta. Eugènia)-Perfil j  <b>Coordenades:</b> 485000-4386600 . Cota 200 m.  <b>Accessibilitat:</b> bona. Llogaret de Ses Coves i comellar des Rafal (Fallot, 1922)  <b>Litologia:</b> calcilitites i calcarenites estratificades  <b>Estratigrafia:</b> continuació Perfil j.  <b>Conjunt fòssil:</b> pectínids (<i>Pecten benedictus</i>. <i>Pecten jacobus</i>). Equínids. Bauzá (1978)  <b>Geocronologia:</b> Zanclità. 5.33-3.6 ma. (Krijgsman <i>et al.</i>, 1999  <b>Ambient sedimentari:</b> Bentònic infralitoral  <b>Correlació:</b> <i>Margas con Amusium sp.</i> (García Yagüe i Muntaner, 1968); <i>Calcilitites Son Mir</i> (Pomar <i>et al.</i>, 1983). P1-<i>Fm. Margas Hurchillo</i> (Montenat , 1977; Soria <i>et al.</i>, 1996); Miembro I-P1 (El Kadiri <i>et al.</i>, 2011).</p>
<b>SI</b>	<p><b>Fm. Calcarenites grogues amb Persitistrombus de Pontiró</b>  <b>Localitat tipus:</b> Torrent de Sa Talaia-Pontiró-Perfil d; Son Palou-perfil j.  <b>Coordenades:</b> Pontiró (484500-4383050). Cota 65 m.  <b>Accessibilitat:</b> difícil. Torrent de Sa Talaia.  <b>Litologia:</b> calcarenites lutítiques grogues  <b>Estratigrafia:</b> Perfil d.  <b>Conjunt fòssil:</b> <i>Persitistrombus sp.</i> <i>Panopea sp.</i> Dents i otòlits de peixos.  <b>Geocronologia:</b> Zanclità. 5.33-3.6 ma. (Krijgsman <i>et al.</i>, 1999  <b>Ambient sedimentari:</b> meso-infralitoral-costa baixa o platja.  <b>Correlació:</b> <i>Calcarenites de Sant Jordi</i> (Pomar <i>et al.</i>, 1983); <i>Fm. Areniscas de Rojales</i> (Montenat, 1977; Soria <i>et al.</i>, 1996); Miembros 1-2-PI (El Kadiri <i>et al.</i>, 2011).</p>
<b>SII</b>	<p><b>Fm. Margues con ostrèids de Sta Eugènia</b>  <b>Localitat tipus:</b> Poble de Sta. Eugènia (Hermite, 1879). Sa Creueta. Es Puget.  <b>Coordenades:</b> 484200-4316950. Cota 150m  <b>Accessibilitat:</b> bona. Poble de Sta. Eugènia-Es Puget. Vessant NE.  <b>Litologia:</b> margues blanques  <b>Estratigrafia:</b> Perfil k.  <b>Conjunt fòssil:</b> concentració de <i>Tympanotono sp.</i> i <i>Ostrea sp.</i>  <b>Geocronologia:</b> proper a la transgressió marina piaceniana.  <b>Ambient sedimentari:</b> infralitoral. Concentració de nutrients  <b>Correlació:</b> <i>Calcarenites de Sant Jordi</i> (Pomar <i>et al.</i>, 1983); Miembros 1-2-PI (El Kadiri <i>et al.</i>, 2011).</p>
	<b>Fm. Calcarenites de Xorrigo i Banc d'Eivissa</b>



<b>SII</b>	<p><b>Localitat tipus.</b> Xorrigo. Promontori litoral Banc d'Eivissa</p> <p><b>Coordenades:</b> Xorrigo 486000-4382000 (cota 40m). Banc d'Eivissa 455328-4369217 (cota 12 m)</p> <p><b>Accessibilitat:</b> Xorrigo. Perfil carretera. Banc d'Eivissa. Penya-segats de difícil accés.</p> <p><b>Litologia:</b> calcarenites</p> <p><b>Estratigrafia:</b> Perfil a y Perfil e.</p> <p><b>Conjunt fòssil:</b> <i>Persitistrombus coronatus</i> (Defrance, 1827).</p> <p><b>Geocronologia:</b> Fini-piacenzià-Límit P/Q (Pliocè-Quaternari)</p> <p><b>Correlació:</b> <i>Calcarenites de Sant Jordi</i> (Pomar <i>et al.</i>, 1983); Miembros 1-2-PI (El Kadiri <i>et al.</i>, 2011).</p>
------------	--

**Taula 3.** Famílies sedimentàries proposades para el Pliocè de Mallorca ordenades segon cicle estratigràfic i edat (Pliocè I-Zanclià; Pliocè II-Piacenzià).

**Table 3.** Proposed sedimentary families for the Pliocene of Mallorca according to the second stratigraphic cycle and age (Pliocene I-Zanclian. Pliocene II-Piacenzian).

## Recapitulació

En els estudis de catalogació i valoració del patrimoni Paleontològic de l'illa de Mallorca es documenta un important registre Pliocè marí que possibilita l'ordenació del període en base a models cronològic -estratigràfics a nivell global i mediterrani.

El registre pliocè documentat comprèn dos cicles transgressius-regressius marins (PI i PII) separats per una discontinuïtat sedimentària i/o superfície erosiva. El primer cicle-PI o Zanclià comprèn els registres de la transgressió marina zancliàna (*Fm. Margues amb Amusium* sp. de Son Palou-Son Mir), seguit d'un registre infralitoral - *Fm. Calcarenites amb pectínids de Ses Coves*) i d'altre registre mesolitoral proper a la superfície erosiva documentada en tots els registres de final de conca (*Fm. Calcarenites grogues amb Persitistrombus* sp. de Pontiró-refredament climàtic intra-pliocè, trànsit Zanclià /Piacenzià-Z/P).

El registre posterior a la superfície erosiva Z/P compren un nou cicle transgressiu/regressiu marí-PII datat Piacenzià. Aquest comprèn un registre infralitoral (*Fm. Margues amb ostrèids de Sta. Eugènia*) seguit d'un nou registre mesolitoral (*Fm. Calcarenites amb Persitistrombus* sp. de Xorrigo-Banc d'Eivissa). Aquest darrer registre se data proper al refredament climàtic Pliocè/Pleistocè i s'observa fòssilitzat pels sistemes dunars pleistocens.

La interpretació paleoambiental justifica l'ordenació estratigràfica proposta amb un registre circalitoral inicial (*Amusium* sp. *Dentalium* sp.) i posterior ciclicitat de registres infralitorals (pectínids, ostrèids, cerítids, *Panopea* sp.), mesolitorals (*Persitistrombus* sp.) i de lagoon (*Ammonia* sp., *Elphidium* sp.).

## Agraïments

A Noemí Forteza pel seu suport en el treball de camp i fotografia

## Referències

- Aguirre, J. 1995. Implicaciones paleoambientales y paleogeográficas de dos discontinuidades estratigráficas en los depósitos pliocénicos de Cádiz (SW de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 8: 161-174.
- Aguirre, J., Cachão, M., Domènech, R., Lozano Francisco, M<sup>a</sup>. C., Martinell, J., Mayoral, E., Santos, A., Vera-Peláez, J. L. i Da Silva, C. M. 2005. Biocronología integrada de los depósitos pliocenos

- de la cuenca de Estepona (Málaga, Sur de España). Implicaciones paleobiogeográficas y paleoceanográficas. *Revista Española de Paleontología*, 20 (2): 225-244.
- Barón, A. 1978. *Estudio estratigráfico y paleontológico del Mioceno medio y superior postorogénico de la isla de Mallorca*. Premio Ciudad de Palma, 180 pp. (Inèdit).
- Bauzá, J. 1978. *Paleontología de Mallorca. 180 millones de años de la flora y la fauna de Mallorca*. In: Mascaró, J. *Historia de Mallorca*, 7: 331-340.
- Berggren, W. A., Kent, D.V., Swisher, C. C. i Aubry, M. P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: Berggren, W. A., Kent, D.V. & Hardenbol (eds.). *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlations: a unified temporal framework for an historical geology*, Tulsa, SEPM Special Public, 54: 129-212.
- Butzer, K. W. 1985. La estratigrafía del nivel marino de Mallorca en una perspectiva mundial. In: *El Pleistoceno. Geomorfología litoral*. Univ. Valencia, 17-33.
- Chang, K. H. 1975. Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geological Society American Bulletin*, 86: 1544-1552.
- Colom, G. 1985. Estratigrafía y paleontología del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Balears). *Boletín Geológico y Minero*, 96 (3): 235-302.
- Colom, G., Sacarés, J. i Cuerda, J. 1968. Las formaciones marinas Pliocenas de la región de Lluçmajor. *Bol. Soc. Hist. Natural Balears*, 14: 46-61.
- Corbí, H. 2010. *Los foraminíferos de la cuenca neógena del Bajo Segura*. Tesis. U. Alicante. 380 pp.
- Corbí, H. 2017. El registro sedimentario de la Cuenca del Bajo Segura (SE España) a través del análisis de correspondencia: implicaciones paleoambientales. *Estudios Geológicos*, 73 (2): e071. <https://doi.org/10.3989/egol.42908.459>.
- Corbí, H. A. i Soria J. M. 2016. Late Miocene early Pliocene planktonic foraminifer event stratigraphy of the Bajo Segura basin: A complete record of the western Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, 77: 1010-1027.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno Balear*. "Sa Nostra", Palma, 420 pp.
- Cuerda, J. 1989. *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Conselleria de Cultura Educació. Palma, 310 pp.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1991. *El Quaternari al Migjorn de Mallorca*. Govern Balear, 130 pp.
- Dowsett, H. J., Robinson, M. M., Stoll, D. K., Foley, K. M., Johnson, A., Williams, M. i Riesselman, C. R. 2013. The Pliocene palaeoclimate reconstruction: time for a paradigm shift. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371, 2001. DOI: 10.1098/rsta.2012.0524
- El Kadiri, K., Serrano, F., Guerra-Merchán, A., Hlila, R. i Sanz de Galdeano, C. 2011. Pliocene Malalyine succession (NE Rif, Morocco): sequence stratigraphy and regional correlation. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 23 (1-2): 57-67.
- Fallot, P. 1922. *Etude geologique de la Sierra de Majorque (Balears)*. Tesis. U. Paris-Lieja. 480 pp.
- Fornós, J. J., Gràcia, F., Mas, G. i Vicens, D. 2013. Estratigrafia de la cova des Dolç (Colònia de Sant Jordi, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 56: 165-175.
- Fornós, J. J., Marzo, M., Pomar, L., Ramos-Guerrero, E. i Rodríguez-Perea, A. 1991. *Evolución tectono-sedimentaria y análisis estratigráfico del Terciario de la Isla de Mallorca*. *Guía de Campo*. I Congreso del Grupo Español del Terciario, 145 pp.
- Gelabert, B. 1997. *L'estructura geològica de la meitat occidental de l'illa de Mallorca*. Tesis UB. IGME, 207 pp.
- Gibbard, P. L., Head, M. J. i Walker, M. J. C. 2010. Subcommission on Quaternary Stratigraphy. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25: 96-102
- Giménez, J., Gelabert, B. i Sabat, F. 2007. El relieve de las Islas Baleares. *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15 (2): 175-184.

- González-Hernández, F. M., Momer, N. A., Goy, J. L., Zazo, C. i Silva, P. G. 2000. Resultados paleomagnéticos de los depósitos plioleistocenos de la cuenca de Palma (Mallorca, España). *Estudios Geológicos*, 56: 163-173.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. i Vail, P. R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science*, 235: 1156-1167.
- Hermite, H. 1879. *Etudes géologiques sur les îles Balears*. Tesis. París. 357 pp.
- Hilgen, F. J., Bissoli, L., Iaccarino, S., Krijgsman, W., Negri, A. i Villa, G. 2000. Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *Earth Planet. Sciences Letter*, 182: 237-251.
- Khélifi, N., Sarnthein, M., Frank, F., Andersen, N. i Garbe-Schönberg, D. 2014. Late Pliocene variations of the Mediterranean outflow. *Marine Geology*, 357: 182-194.
- Kerwin, L. D. Jr. 1982. Isotopic paleoceanography of the Caribbean and East Pacific: role of Panama uplift in late Neogene time. *Science*, 217: 350-353.
- Krijgsman, W., Hilgen, F. J., Raffi, I., Sierro, F. J. i Wilson, D. S. 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian Salinity Crisis. *Nature*, 400: 652-655.
- Jiménez, A. P., Braga, J. C. i Martín, J. M. 1991. Oyster distribution in the upper Tortonian of the Almanzora corridor (Almería, SE. Spain). *Geobios*, 24: 725-734.
- Lacour, D., Lauriat-Rage, A., Saint Martin J. P., Videt, B., Néraudeau D., Goubert E. i Bongrain, M. 2002. Les associations de bivalves (Mollusca) du Messinien du bassin de Sorbas (SE Espagne), in Néraudeau, D. i Goubert, E. (eds). L'événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas*, 24 (3): 641-657.
- Le Roux, J. P. 2012. A review of Tertiary climate changes in southern South America and the Antarctic Peninsula. Part 1: Oceanic conditions. *Sedimentary Geology*, 247-248: 1-20.
- Lisiecki, L. E. i Raymo, M. E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records. *Paleoceanography*, 20, 1003. Doi: 10.1029/2005PA001153. 17pp.
- Lisiecki, L. E. i Raymo, M. E. 2007. Plio-Pleistocene climate evolution: trends in obliquity and precession responses. *Quaternary Science Reviews*, 26: 56-76.
- Lourens, L., Hilgen, F., Shackleton, N. J., Laskar, J. i Wilson, D. 2004. The Neogene period. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G. and Smith. A.G (eds). *A geological time scale*, Cambridge University Press, 409-440.
- Mapas Topográficos Nacionales. 1:25000. 2001. Isla de Mallorca. Inst. Geo. Nal. Ministerio de Fomento. Madrid.
- Mas, G. 2000. Ictiofauna del Pliocè mitjà-superior de la conca sedimentària de Palma (Illes Balears. Mediterrània Occidental). Implicacions paleoambientals. *Bolletí Societat d'Història Natural. Balears*, 43: 39-61.
- Mas, G. 2010. Ictiofauna del Pliocè del Barranc de sa Talaia (Mallorca. Balears). Implicacions paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 53: 25-43.
- Mas, G. 2015. *El registre estratigràfic del Messinià terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània*. Tesis UIB, 432 pp.
- Mateos, R. M., Durán, J. J. i Robledo, P. A. 2011. Mares Quarries on the Majorcan Coast (Spain) as Geological Heritage Sites. *Geoheritage*, 3: 41-54.
- Mateu, G. 1982. El Neógeno de Mallorca: biocronoestratigrafia y paleoceanografia en base a los foraminíferos plantónicos. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 26: 75-133.
- Milne, G. i Mitrovica, J. 2008. Searching for eustasy in deglacial sea-level histories. *Quaternary Science Reviews*, 27 (25-26): 2292-2302.
- Montenat, C. 1973. *Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol*. Tesis. U. Orsay, 1170 pp.
- Montenat, C. 1977. Les bassins néogènes et quaternaires du Levant d'Alicante a Murcie (Cordilleres bétiques orientales, Espagne). Stratigraphie, paléontologie et évolution dynamique. *Documents Laboratoires. Géologiques. Lyon*, 63pp.

- Morey, B. 2008. *El patrimoni Paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i de conservació*. Memòria d' investigació. UIB, 291pp.
- Morey, B. 2011. El Miopliocè i el Pliocè en el litoral de Sa Ràpita (Campos, Mallorca, Mediterrània Occidental). I *Jornades d'Estudis Locals*. Campos, 26-38.
- Morey, B. 2013. La importància d'una catalogació i valoració de LIPs en el postectònic de Mallorca. *VI Jorn. Medi Ambient. Societat d'Història Natural*. Balears, 80-84.
- Morey, B. 2016. Modelos geológicos en la catalogación, caracterización y valoración del patrimonio Paleontológico. El Mioceno postectónico de Mallorca. En Meléndez, G.; Núñez, A. & Tomás, M. *Actas XXXII Jorn. de la SEP. IGME. Cuadernos del Geominero*, 20: 225-233.
- Morey, B. 2017. Geomorfología litoral, morfotectónica y distribución del registro fósil en Mallorca. En Pons, G. X.; Lacruz, J. L. i Gómez-Pujol, Ll. (edit). *IX Jorn. Geomorfología litoral*, 47-51.
- Morey, B. 2018. Cataloguing, characterization, valuation and management of the Palaeontological heritage: a perspective from Majorca (Spain). *Geoheritage*, 10(3): 483-498.
- Morey, B. 2018. El registro Messiniense de la isla de Mallorca (Archipiélago Balear, Mediterráneo occidental). Revisión e interpretación. *Estudios Geológicos* 74(2) DOI: <https://doi.org/10.3989/egeol.43055.475>
- Morey, B. i Forteza, N. 2013. Aportacions al registre estratigràfic i paleoambiental del Pliocè i Quaternari del Banc d'Eivissa. *VI Jorn. Med. Ambient. SHN*. Balears, 77-80.
- Morey, B. i Forteza, N. 2015. Fauna finimessiniense en el Antiforme Son Seguí-Sta Eugènia (Mallorca, Mediterráneo occidental). Significado, origen y evolución. *XXI Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural Burgos*, 29.
- Morey, B. i Forteza, N. 2017. El potencial interpretativo del registro fósil de los moluscos litorales en el neógeno postectónico de Mallorca. En O'Dogherty, L. (ed). *XXXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 127-130.
- Morey, B. i Mas, G. 2009. Aproximació al neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52: 99-123.
- Morey, B., Mas, G. i Ripoll, J. 2009. *El patrimoni Paleontològic de Palma (Mallorca, Balears). Catalogació, caracterització valoració. Propostes de gestió i conservació*. Premi Ciutat de Palma d'Investigació, 330 pp.
- Muntaner, A. 1959. Noticia sobre la existencia de una cantera de época romana en las inmediaciones de Cala-Pi (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 5: 60-61.
- Naish, T. R. i Wilson, G. S. 2009. Constraints on the amplitude of Mid-Pliocene (3.6-2.4Ma) eustatic sea-level fluctuations from the New Zealand shallow-marine sediment record. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 367, 169-187. DOI: 10.1098/rsta.2008.0223.
- Olmo-Zamora, P. del, Álvaro-López, M., Ramírez del Pozo, J. i Aguilar-Tomás, M.J. 1991. Memorias del mapa Geológico de España. Proyecto MAGNA. Hojas 698 (Palma), 699 (Porreres) y 671 (Inca). IGME. Madrid.
- Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J. J. i Rodríguez Perea, A. 1983. *El Terciario de las Baleares (Mallorca y Menorca)*. Institut Estudis Baleàrics, UIB. 286pp.
- Pomar, L. i Ward, W.C. 1994. Response of a late Miocene Mediterranean platform to high frequency eustasy. *Geology*, 22: 131-134.
- Raffi, S. i Monegatti, P. 1993. Bivalve taxonomic diversity throughout the Italian Pliocene as a tool for climatic-oceanographic and stratigraphic inferences. *Proceedings Ist. R.C.A.N.S. Congress, Lisboa, 1992. Ciències da Terra (UNL)*, 12: 45-50.
- Raymo, M. E., Mitrovica, J. X., O'Leary, M. J., De Conto, R. i Hearty, P. 2011. Searching for eustasy in Pliocene sea-level records. *Nature Geoscience*, 4: 328-332.
- Rivas, P., Braga, J. i Sánchez-Almanzo, P. 1999. Arrecifes del Tortoniense inferior de la Cuenca de Granada, Cordillera Bética, España. *Trabajos de Geología*, 21: 309-321.

- Salvador, A. 1994. *A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure International Subcommission on Stratigraphic Classification IUGS. Geological Society of America.* (2.ed), 214 pp.
- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Giménez J., Fornós, J.J., Cabero, A., Bardají, T., Mateos, R.M., González Hernández, F.M., Hillaire-Marcel, Cl. and Bassam, G. 2005. *Mallorca island: Geomorphological evolution and neotectonics. Sixth international conference on geomorphology.* Field Trip Guide, 38pp.
- Simó, A. i Ramon, X. 1986. Análisis sedimentológico y descripción de las secuencias depositadas del Neógeno postorogénico de Mallorca. *Bol. Geol. Minero*, 97: 445-472.
- Soria, J. M., Alfara, P., Ruíz Bustos, A. i Serrano F. 1996. Organización estratigráfica y bioestratigráfica del Plioceno en el borde sur de la cuenca del Bajo Segura (Sector de Rojales. Alicante, Cordillera bética oriental. *Estudios Geológicos*, 52: 137-145.
- Tent-Manclús, J. E. 2003. *Estructura y estratigrafía de la sierras de Crevillent, Albaïlla y Algayal. Su relación con la Falla de Crevillente.* Tesis. U. Alicante, 969 pp.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears. Mediterrània occidental).* Tesis. UIB, 754pp.





# El registro Mioceno postectónico (Serravaliense y Tortonense) de la isla de Mallorca (Mediterráneo occidental): ordenación estratigráfica y paleoambientes

Bernat MOREY

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Morey, B. 2021. El registro Mioceno postectónico (Serravaliense y Tortonense) de la isla de Mallorca (Mediterráneo occidental): ordenación estratigráfica y paleoambientes. In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 213-238. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

Los trabajos de catalogación y caracterización del patrimonio paleontológico de Mallorca aportan significativos registros inéditos para interpretar el conjunto Mioceno postectónico de la isla. El registro serravaliense continental-lagunar se observa posterior al orógeno alpino estructurado. La transgresión marina Tortonense (entrada de *Neogloboquadrina acostaensis*) se manifiesta en superficie con conglomerados con *Crasostrea* sp. y calcilitutas con *Heterostegina* sp. (Sintema T1) según situación respecto del relieve emergido. Tras discontinuidad estratigráfica evidente y generalizada se documenta un segundo ciclo tortoniense o T2. Este se significa con margas con ostreidos y calcarenitas con *Borelis melo* en zonas con más influencia del orógeno emergido y con un potente complejo carbonato-arrecifal en aguas más limpias. Este ciclo finaliza con nuevo registro lagunar-restringido y nueva superficie erosiva en respuesta a un nuevo enfriamiento climático a nivel global-mediterráneo (finitortonense. Tránsito Tortonense/Messiniense). Los paleoambientes documentados refuerzan la ordenación estratigráfica propuesta con dos registros sedimentarios restringidos/lagunares (Serravaliense, fini Tortonense) seguidos de sendos episodios marinos (Tortonense y Messiniense) y dos ciclos infralitorales intermedios (Tortonense I y Tortonense II).

**Palabras clave:** *Serravaliense, Tortonense, Mallorca, estratigrafía secuencial, paleoambientes.*

EL REGISTRE MIOCÈ POSTECTÒNIC (SERRAVAL-LIÀ I TORTONIÀ) DE L'ILLA DE MALLORCA (MEDITERRÀNIA OCCIDENTAL): ORDENACIÓ ESTRATIGRÀFICA I PALEOAMBIENTS. Els treballs de catalogació i caracterització del patrimoni paleontològic de Mallorca aporten significatius registres estratigràfics inèdits per a interpretar el registre Mioce postectònic de l'illa. El registre serraval-lià continental-llacunar se considera postectònic respecte de l'orogen alpí estructurat. La posterior transgressió marina tortoniana (entrada de *Neogloboquadrina acostaensis*) es manifesta en superfície amb conglomerats amb *Crasostrea* sp. i calcilitutes amb *Heterostegina* sp. (Sintema T1) segons situació respecte del relleu emergit. Rera discontinuïtat estratigràfica clara i generalitzada es documenta un segon cicle Tortonià -T2 (Sintema T2). Aquest comprèn margues amb ostrèids i calcarenites amb *Borelis melo* en les zones amb més influència de l'orogen emergit i un important Complex Carbonat-arrecifal en aigües més netes. El Tortonià finalitza amb un nou registre llacunar i una nova superfície erosiva (T/M) en resposta a un nou refredament climàtic a nivell global/mediterrani. Els paleoambients documentats reforcen l'ordenació estratigràfica proposta amb dos registres sedimentaris restringits/llacunars (Serraval-lià, fini Tortonià) seguits de respectius episodis marins (Tortonià, Messinià) i dos cicles infralitorals intermitjans (Tortonià I

i Tortonià II).

**Paraules clau:** *Serraval·lià, Tortonià, Mallorca, estratigrafia seqüencial, paleoambients.*

THE POST-TECTONIC MIOCENE (SERRAVALLIAN AND TORTONIAN) OF MALLORCA ISLAND (WESTERN MEDITERRANEAN): STRATIGRAPHIC ORDERED AND PALAEOENVIRONMENTS. The cataloguing and characterization of the Paleontological heritage of Mallorca island contribute to unpublished stratigraphical record are useful to interpret and to order the post orogenic miocene registry. The documented serravallian record (continental and lagoon) is considered not being implied in the Alpine structure of the island (post tectonic record). A late Tortonian marine transgression (*Neogloboquadrina acostaensis* entry. TI Synthem) is registred on surface with conglomerates with *Crasostrea* sp. and limestone with *Heterostegina* sp according localization respect emerged relief. After stratigraphic unconformity a new coastal tortonian marine cycle (TII Synthem) is documented. These new littoral sedimentation comprise marls and oyster, limestone with *Borelis melo* and Carbonate-Arrecifal Complex according emerged relief. The end of Tortonian periode (Tortonian/Messinian global climatic cooling) it manifested with a restricted lagoon record and erosive surface. The resulting paleoenvironmental diversity reinforces the stratigraphic ordering, signifying two restricted records (Serravallian, end Tortonian) followed by respective marine cycles (Tortonian, Messinian) and infralittoral tortonian Synthems (Tortonian I and Tortonian II).

**Key words:** *Serravallian, Tortonian, Mallorca, sequential stratigraphy, paleoenvironments.*

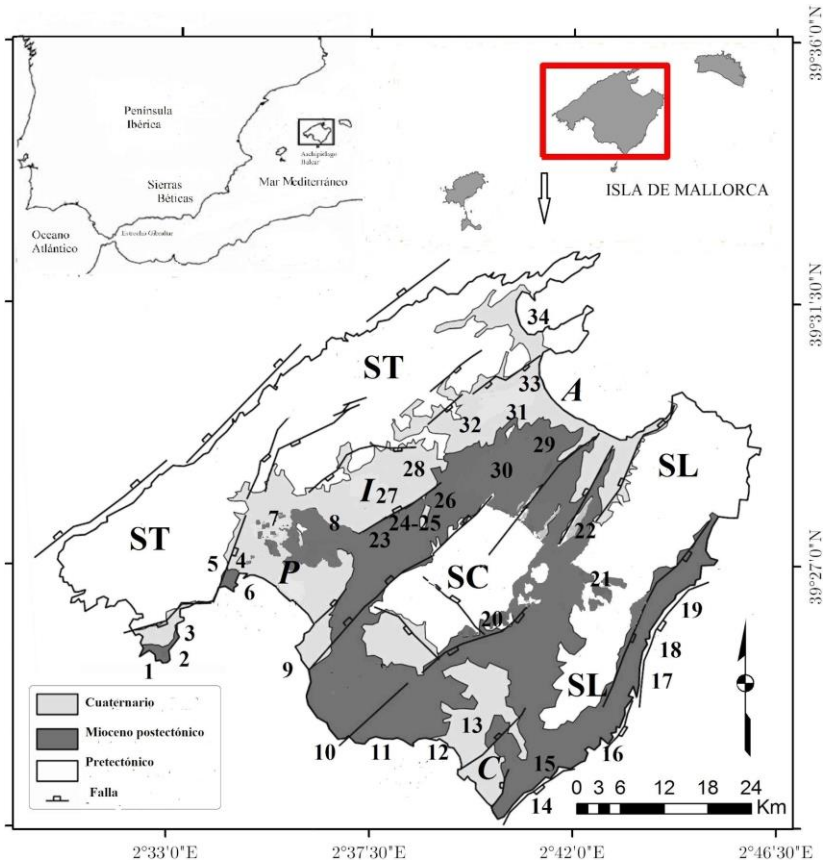
*Bernat MOREY Colomar. Departament de Geografia (UIB); Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB); Associació de Geòlegs de les Illes Balears. E-mail: bernatmoreycolomar@yahoo.es*

## Introducción

La isla de Mallorca es la mayor zona emergida del archipiélago balear, prolongación Este de las Sierra Béticas hacia el centro del Mediterráneo occidental (Fallot, 1922; Fornós y Gelabert, 2004) (Fig. 1). La isla es una combinación de horsts y grabens estructurados por la orogenia alpina (25-13 Ma) (Gelabert, 1997). El periodo distensivo actual se inicia en el Serravalliense (13.82-11.63 Ma) (Mourik, 2010) y se manifiesta con fallas que afectan al orógeno alpino y a las plataformas carbonato-arrecifales miocenas adosadas a los relieves emergidos (Álvaro *et al.*, 1984; Pomar *et al.*, 1983; Benedicto, 1994).

El registro mioceno de Mallorca es conocido desde el siglo XIX (Haime, 1855; Hermite, 1879; Fallot, 1922) si bien sus registros serravalliense y tortoniense no se definen hasta con los estudios micropaleontológicos de Colom (1966, 1967) y Bizon *et al.* (1967). Mateu (1982) en sondeo en la Albufera de Mallorca (Fig. 1) diferencia la transgresión marina tortoniense con *Globorotalia acostaensis* (actual *Neobloboquadrina acostaensis*) del posterior Messiniense marino con *Globorotalia mediterranea*.

Colom (1985), también en sondeos y para la cuenca de Palma, documenta un episodio litoral con *Borelis melo* seguido de registro lagunar restringido anterior a la entrada de *Globorotalia mediterranea*. El conjunto se observa superado por la transgresión marina pliocena y fosilizado por sistemas dunares y aluviones Plio-Pleistocenos (Fornós *et al.*, 1991; Morey *et al.*, 2009; Morey, 2016).



**Fig. 1.** Mapa geológico de Mallorca (Gelabert, 1997) y principales localidades estudiadas (Nº en Tabla 2).

**Fig. 1.** Geologic map of Majorca (Gelabert, 1997) and main studied localities (numeration in Table 2).

Edad/estudios	Pomar <i>et al.</i> (1983)	Álvaro <i>et al.</i> (1984)	Simó y Ramon (1984)	Otros
Messiniense Tortomessiniense	Calizas Pont d'Inca Calizas Santanyí. Margas Bonanova. Margas grises	Complejo Terminal	Calizas Santanyí. Margas de la Bonanova. Diatomitas blancas	U. García Yagüe y Margas ocreas (García Yagüe y Muntaner, 1968).
Tortoniense. Torto-messiniense	U. Arrecifal. Calizas con <i>Heterostegina</i> sp.	Complejo arrecifal. Capa con <i>Heterostegina</i> sp.	U. Arrecifal de Cap Blanc. U. Carbonàtica de Cala Pi. Capa con <i>Heterostegina</i> sp.	Calcilititas y <i>Heterostegina</i> sp. García Yagüe y Muntaner, 1968).
Serravaliense	Calizas Sa Verdera. Margas de Pina. Limos de Manacor	Unitat Carbonàtica. Margas con yesos	Calizas Sa Verdera. Margas con yeso. Conglomerados Sta Margalida. U. Carbonatada. Manacor.	Burdigaliense superior lacustre. Colom (1967).

**Tabla 1.** Familias sedimentarias en el Serravaliense y Mioceno postectónico de Mallorca según Pomar *et al.* (1983), Álvaro *et al.* (1984), Simó y Ramón (1986) y otros autores.

**Table 1.** Sedimentary families for the postectonic Miocene of Majorca (Serravallian and Tortonia-Messinian) according Pomar *et al.* (1983), Álvaro *et al.* (1984), Simó and Ramón (1986) and other.

**Tabla 2.** Numeración de Fig. 1, perfiles estudiados y coordenadas UTM.

	LIPS Miocenos	Coord. UTM	Estudio
1	Banc d'Eivissa	455328-4369217	Butzer (1975)
1	<b>Rafaubeix</b>	457106-4372072	Morey y Ripoll (2009)
2	Portals Vells	458938-4369421	Pomar <i>et al.</i> (1983). P.
3	Cala Falcó	460222-4371680.	Morey y Ripoll (2009)
6	Portopí	467453-4377520	Pomar <i>et al.</i> (1983).
5	Bellver	467336-4374596	Morey <i>et al.</i> (2009)
4	Ardiaca	468838-4382368	Morey <i>et al.</i> (2009). Mas (2015)
7	Es Figueral-Caülls	476800-4386753	Fallot (1922). Morey <i>et al.</i> (2009)
7	<b>Sant Marçal</b>	478000-4386300	Barnolas <i>et al.</i> (1991). P.
8	<b>Mina Carolina</b>	479930-3888000	
9	Morería	477800-4728200	Simó y Ramón (1986). Mas (2015)
10	Cap Blanc	480500-4359350	Pomar (1988; 1991)
11	Cala Pi	488000-4357200	Pomar (1988; 1991)
12	Sa Ràpita	495785-4357045	Morey (2011). Mas (2015)
13	Serralt	436300-4999500	Morey (2011). Mas (2015)
14	Cala Llobards	512263-4352997	Fornós (1983)
14	Es Pontàs.	512300-4353000	Fornós (1983)
15	Cala Santanyí	512900-4353500	Fornós (1983)
15	Cala Figuera.	513100-4353250	Fornós (1983)
16	<b>Cala Sa Nau</b>	521500-4360600	
16	<b>Cala Bràfia</b>	522010-4361400	
17	<b>Cala Murada</b>	523900-4365373	
17	Cala Antena	524000-4367700	Robledo (2005)
18	<b>Cala Magraner</b>	524900-4370950	
18	<b>Cala Varques</b>	525600-4372400	
18	<b>Cala Falcó</b>	525906-4372935	
19	Cala Murta	527330-4375500	Fornós (1983)
19	<b>Porto Cristo</b>	529193-4377066	
19	<b>Cala Morlanda</b>	532324-4377928	
20	Porreres	508500-4326050	Morey (2010)
21	<b>Manacor</b>	512060-4386000	Pomar <i>et al.</i> (1983)
22	<b>Sa Vall</b>	511500-4383380	
23	<b>Costes Son Palou</b>	493500-4386000	Morey (2013)
24	<b>Ruberts</b>	494500-4386300	
25	<b>Pina</b>	494900-4383600	Bauzá (1978)
26	<b>Sineu</b>	500300-4388200	
27	<b>Son Seguí</b>	485300-4389200	Morey y Mas (2009)
28	<b>Costitx</b>	495500-4389600	
28	<b>Son Corró-Costitx</b>	494500-4389600	
29	<b>Sta. Margarida</b>	572111-4395450	Colom (1975)
29	<b>Teulada</b>	572111-4395450.	Bauzá (1978)
30	<b>Ariany arrecifal</b>	510000-4389900	Barnolas <i>et al.</i> (1991)
31	<b>Muro</b>	505000-4398000	Barnolas <i>et al.</i> (1991). P.
32	<b>Llubí, Sa Verdera</b>	500100-4394500.	Mas (2015)
33	Albufera	572111-4395450.	Mateu (1982)
34	La Victòria	513147-44137880	Bizon <i>et al.</i> (1967)

La escasez de datos cronoestratigráficos y de bioindicadores planctónicos dificulta la interpretación del registro mioceno postectónico estudiado y su correlación con el registro mediterráneo coetáneo (Mateu, 1982; Alvaro *et al.*, 1984). Sin embargo los estudios de Pomar (1988, 1991) y de Pomar y Ward (1991, 1994) en el Complejo Carbonato-arrecifal

Torto-messiniense de Lluçmajor (Fig. 1) permiten adaptar las secuencias acrecionales miocenas a los cambios relativos del nivel del mar (Haq *et al.*, 1987). Estos estudios identifican un ciclo TB 3.1 (*Calcsiltitas con Heterostegina*. Tortoniense), un ciclo TB 3.2 (*Arrecifal*. Tortomessiniense) y un último ciclo TB 3.3 (*Complejo Terminal*. Messiniense).

Los estudios de Robledo (2005), Mateu Vicens (2007), Arenas y Pomar (2010) o Mas (2015) siguen las propuestas de Pomar *et al.* (1983) o Simó y Ramón (1986) contemplando la sedimentación Serravaliense como sintectónica y el registro mioceno posterior con 6 familias sedimentarias no siempre coincidentes (Tabla 1).

Los trabajos de catalogación y caracterización del patrimonio paleontológico de Mallorca llevados a cabo en estos últimos años (Morey *et al.*, 2009; Morey y Ripoll, 2009; Morey, 2010; 2011; 2013) abarcan todas las plataformas y cuencas miocenas de la isla. Se documenta un registro bastante continuo pero irregular que no se manifiesta por igual en todas las cuencas y plataformas estudiadas (Morey, 2013; 2016). Observando todo este registro catalogado en este estudio se pretenden alcanzar estos objetivos:

- Ordenar el registro estratigráfico mioceno postorogénico de la isla de Mallorca en base a la deposición cíclica de carbonatos y construcciones arrecifales (clima cálido) y registro lagunar/restringido (regresión marina/enfriamiento climático).

- Diferenciar los registros correspondientes a las regresiones marinas serravaliense y finitortoniense de los respectivos ciclos marinos anteriores y posteriores.

- Superar la diferenciación paleogeográfica propia de un registro sujeto a tectónica extensional.

- Adaptar en lo posible la ordenación estratigráfica propuesta al registro mediterráneo coetáneo.

- Realizar una primera interpretación paleoambiental del registro estudiado que refuerce la ordenación estratigráfica propuesta.

## Materiales y métodos

Los trabajos llevados a cabo en el patrimonio paleontológico de Mallorca han supuesto la prospección sistemática de los 3.600 km<sup>2</sup> de la isla (5 recorridos por km<sup>2</sup>. 2006-2016. Map. Top. Nacional 1: 25000; Mapas geológicos-Proyecto Magna). Se ha trabajado con el sistema de coordenadas UTM (GPS Garmin eTrex Summit HC, cartografía digital Topo España V.3.0, BCN 1:25.0000 modelo MDT25-Datum Eur. 1950), con el Sistema Geodésico Mundial 1984-programa *Google Earth* y con el visualizador de les Illes Balears (*IDEIB*. <http://ideib.Caib.es/visualitzador.jsp>).

Para el conjunto mioceno estudiado y en las plataformas litorales (Lluçmajor, Llevant, etc.) (Fig. 1) se han catalogado como mínimo un LIP o perfil por cada kilómetro de litoral. En las plataformas interiores (Sineu, Porreres) (Fig. 1) se seleccionan los perfiles más relevantes a nivel estratigráfico o faunístico. Se seleccionan también los mejores contactos estratigráficos

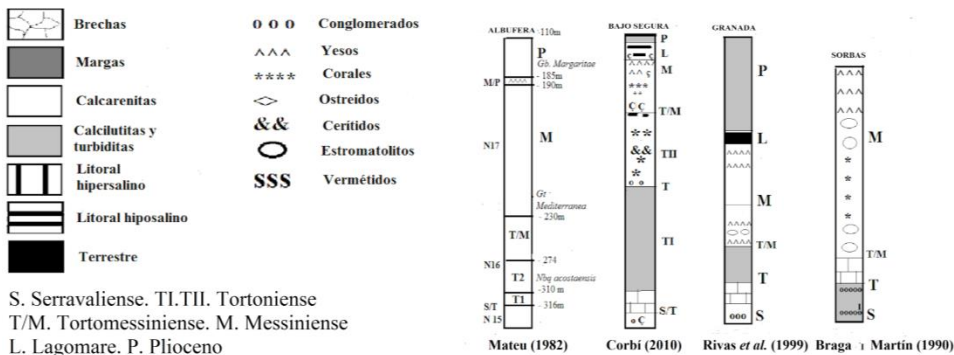
Los perfiles estratigráficos se describen o resumen de forma sintética y ordenada, de base a techo, observando paleofacies, potencia, tipo de material, fauna. etc. (Fig. 2). La identificación de las distintas unidades estratigráficas se realiza a partir de los estudios de Pomar *et al.* (1983); Fornós (1983); Álvaro *et al.* (1984) o Simó y Ramón (1986).

La correlación entre paleofacias y medios sedimentarios se aborda desde su integración en secuencias de depósito donde cada Sintema o ciclo estratigráfico se entiende como un cuerpo rocoso limitado por discontinuidades significativas a nivel regional (Chang, 1981; Salvador, 1984; Tent Manclús, 2003; Corbí *et al.*, 2016). Este sistema de correlación se considera adecuado para el registro estudiado al haberse aplicado con éxito en registros equivalentes del entorno mediterráneo cercano (Roveri *et al.*, 1998-Mioplioceno italiano; Tent Manclús, 2003; Soria *et al.*, 2008a; 2008b; Corbí y Soria, 2016; Corbí *et al.*, 2016-Mioceno del Bajo Segura; Corbí *et al.*, 2012-Mioceno de Granada).

La ordenación estratigráfica propuesta se adapta al registro mediterráneo coetáneo a partir de las propuestas de Haq *et al.* (1987) o Krijgsman *et al.* (1994; 1999) para la isla de Creta, de van Dam *et al.* (2006), Hilgen *et al.* (2000; 2005) en Monte dei Corvi (Italia) o de Brandano *et al.* (2016) para Menorca. Los datos en superficie se han comparado con los datos en sondeos de Mateu (1982) para la albufera de Mallorca y los también en sondeos de Colom (1985), Simó y Ramón (1986), Benedicto (1993) y Pomar *et al.* (1983) para las cuencas de Palma, Inca o Manacor (Fig. 2).

La interpretación ambiental (que justifica también la ordenación estratigráfica) se basa en los estudios micropaleontológicos de Mateu (1982), Bagkley (2000), Sierro *et al.* (1993), Corbí (2010), Corbí y Soria (2016), Colom (1985) o Barnolas *et al.* (1991), en el estudio de las acumulaciones de moluscos infralitorales (ostréidos y cerítidos) (Gómez llueca, 1919; Anadón, 1954; Bauzá, 1978; Aguirre 2003; Rivas *et al.*, 1999; Jiménez *et al.*, 1991) y de las construcciones arrecifales (tanto locales como del entorno mediterráneo cercano) según los estudios de Esteban (1979), Mankiewicz (1988), Pomar (1988; 1991), Montenat (1990), Pomar y Ward (1991), Braga *et al.* (1996; 2009), Mateu-Vicens (2007), Arenas y Pomar (2010) o Bosellini *et al.* (2001).

La descripción y ordenación de los perfiles se realiza de manera esquemática, para poder abarcar la mayoría del registro de la isla. Se pretende así proporcionar una visión global del conjunto, fundamental para interpretar un registro tan distendido como es el registro postectónico de Mallorca (Morey, 2013).



**Fig. 2.** Lectura de los perfiles. Albufera de Alcúdia por Mateu (1982) y perfiles coetáneos en el mioceno del Levante mediterráneo de la Península Ibérica

**Fig. 2.** Interpretation of Alcúdia lagoon profile (Mateu, 1982) and contemporary Miocene record of mediterranean of Iberian Peninsula



## Discusión y resultados

### Descripción esquemática de los perfiles estratigráficos estudiados

*Plataforma del Rafaubeix*. (0-25m). SW de Mallorca (Figs. 1 y 3A).

Descrita y trabajada a partir los estudios de B-Banc d'Eivissa (Rosselló y Cuerda, 1973; Butzer, 1975); P-Portals Vells (Fig. 3a) (Pomar *et al.*, 1983; Bauzá, 1978) y propios Rf-Rafaubeix (Fig. 4A); F: Cala Falcó-F (Morey y Ripoll, 2009; Morey, 2013).

De base a techo se observan:

- a) 10 m. Calcisiltitas y calcilitas blanco amarillas bioturbadas con *Heterostegina* sp. P. F
- b) 7 m. Calcarenitas blancas con rodófitos, equínidos (*Amphiope bioculata*) y dientes de peces. P.
- c) 5 m. Calizas micríticas y calcarenitas-*framestone* de corales (*Porites* sp.). F.
- d) 4 m. Calizas duras con moldes de gasterópodos y cardítidos. B.
- e) 4-7 m. Margas ocres con intercalaciones de limos, arcillas rosadas y *Ostrea* sp. B.
- f) 90 m. Calcarenitas y playas fósiles pliocenas y cuaternarias (5 hemicclicos). B.



**Fig. 3.** A) Cala Falcó (Tortonense). B) Bellver. Tortonense (a), aluviones con *Crassostrea* sp (b-tránsito T/M) y unidad de cerítidos (c).

**Fig. 3.** A). *Cala Falcó*. (Tortonian). B). *Bellver*. Tortonian (a), alluvium with *Crassostrea* sp. (b-T/M boundary) and *Turritella/Cerithium* sp. unity (c).

### Cuenca de Palma

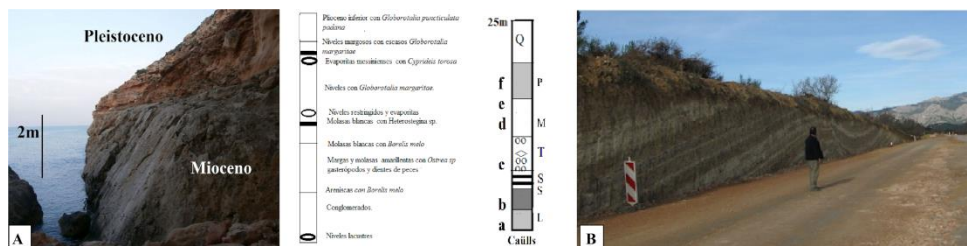
Estudiada en sondeos por García Yagüe y Muntaner (1968) o Colom (1985) y en superficie en Be-Bellver-Bonanova (Fig. 3B), A-Ardiaca-Porto Pi (Morey *et al.*, 2009; Mas, 2015) y Cü-Cañills-CA-Mina Carolina (Barnolas *et al.*, 1991) (Fig. 4B). Descripción resumida a partir de los perfiles comentados y ordenación propia.

*Perfil de Bellver*. 100-145 m. (Fig. 3B).

- a). 30-40 m. Limolitas beigeas bioturbadas con *Globigerinoides obliqua*.
- b). 6-10 m. Ritmitas de margas ocreas con ostréidos (*Crassostrea* sp.) y niveles decimétricos de conglomerados con aluviones rosados.
- c). 0.7 m. Lumaquela/ *pakhestone* de gasterópodos (*Turritella* sp.) de matriz calcarenítica.

*Perfiles de A-Ardiaca (A. 25 m) y Pp-Porto Pi-Marivent (P. 0-17 m).*

- a). Bioconstrucción arrecifal. Calcáreas de corales y rodófitos. 9 m en el començament de la unitat a- calcàries arrecifals. Calizas arrecifales-*framestone* de *Porites* sp. y *Tarberastraea* sp. A.
- b). Estromatolitos/superficie erosiva. A. Pp.
- c). 2-7 m de margas blancas-ocreas (*Fm. Margas Bonanova*. Fornós *et al.*, 1991). Ritmitas de limos, calcilutitas y margas amarillas con grandes pectínidos. A. Pp
- d). 2-3 m. Calcarenitas, arrecifes de vermétidos y oolitas y moldes de cardítidos. A. Pp
- e). 2 m de calizas oscuras y densas diagnizadas, recrystalizadas y estratificadas. A. Pp
- f). Margas beige masivas planctónicas bioturbadas. Transgresión marina pliocena. A.



**Fig. 4.** A). Falla en el Mioceno de Rafabeitx. B). Perfil de la cuenca de Palma según Colom (1985) y Barnolas *et al.* (1991). C). Margas serravallienses plegadas y falladas des Caülls bajo aluviones con *Crassostrea* sp.

**Fig. 4.** A). *Rafabeitx (Miocene fault. B) Palma basin survey according to Colom (1985) and Barnolas et al. (1991). C). Es Caülls. Serravallian marls folded and faulted under alluvium with Crassostrea sp.*

*Perfiles de Caülls-St. Marçal (Cü. Fig. 4B) y Mina Carolina (Ca. 100 m).*

A partir de del perfil de Barnolas *et al.* (1991) en sondeo y perfil propio en superficie.

- a). Margas blancas bioturbadas con fauna planctónica. Langhiense. Cü. Ca.
- b). 10-15 m. Margas arenosas grises y verdes con yeso plegadas y falladas. Cü. Ca.
- c). 10-12 m. Areniscas calcáreas, margas y lutitas blanco-grises con finas capas de carbón, restos de *Chara* sp. y gasterópodos lagunares (*Planorbis* sp.). Ca.
- d). 2 m. Calizas algales laminadas con restos de *Chara* sp. y *Rabdochara* sp. Ca.
- e). 5-7 m. Aluviones. Cantos calcáreos centimétricos y substrato margoarcilloso ocre con grandes *Crassostrea* sp. Cü. Ca.
- f). 0.8 m. Calcarenitas duras con moldes de cerítidos y turritélidos. Cü.

### **Cuenca de Inca**

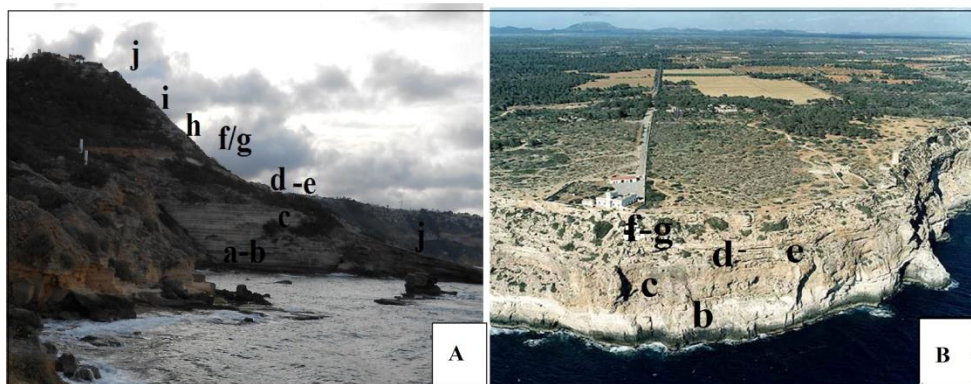
Registro de final de cuenca (Benedicto, 1993) con Serravalliense y Tortoniense escaso, nunca en superficie. Registro relevante para el Messiniense y Plioceno (Morey y Mas, 2009; Morey, 2013).

*Plataforma de Llucmajor* (0-100 m). SW de la isla. (Fig. 1).

Importante plataforma arrecifal tortomessiniense fósil interpretada a partir de los perfiles y estudios de CpB-Cap Blanc (Pomar, 1988, 1991, 2012) (Fig. 5B) o Pomar y Ward (1991; 1994) y M-Morería-Ses Olles (Simó y Ramón, 1986; Mas, 2015) (Fig. 5A).

De base a techo se observan:

- a) 15-20 m. Calcilutitas y margas con *Heterostegina* sp. y *Amusium* sp. CpB. M.
- b) 15 m. Caliza algales con rodofitos y *Halimeda* sp. CpB. M
- c) 20 m. Calizas arrecifales (facies de plataforma, talud, frente arrecifal y *lagoon*). CpB.
- d) 1 m. Lutitas y margas blancas con moldes de cerítidos y cardítidos. M.
- e) 7 m. Caliza algales con rodofitos y *Halimeda* sp. (¿Messiniense?. En estudio) M.
- f) 5-10 m. Lagoon y superficie erosiva. Estromatolitos. *Calizas Pont d'Inca*. M.
- g) 50 cm. Margas blanco grises con *Limnocardium* sp. M.
- h) 10 m. Margas con formaminíferos planctónicos y *Amusium* sp. Calcilutitas amarillas con pectínidos, y equínidos. M.
- i y j). 15-20 m. Playas y dunas pliocuaternarias. M. CpB.



**Fig. 5.** Morería-Ses Olles (A. en texto). B. Los acantilados de Cap Blanc muestran ciclo T2 muy completo (Complejo Arrecifal) sobre ciclo T1 (a, b) y bajo Messiniense (d, e) y Plio-Pleistoceno (f, g).  
**Fig. 5.** Morería-Ses Olles (A. in text). B. Cap Blanc cliffs show complete cycle T2 (Reef complex) between T1 cycle (a, b), Messinian (d, e) and Plio-Pleistocene (f, g).

### **Cuenca de Campos**

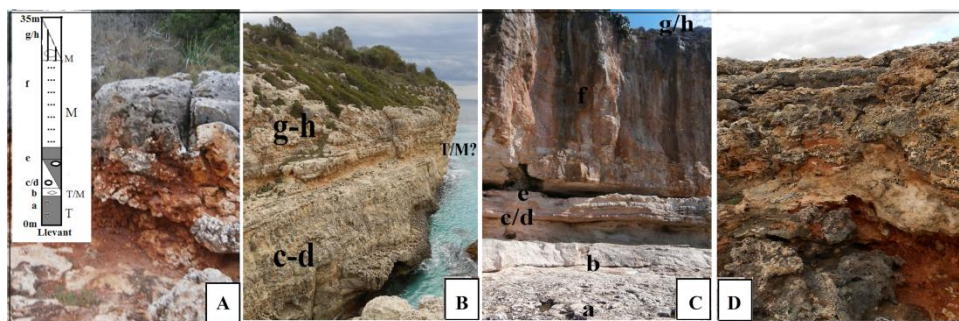
En los perfiles de Sa Ràpita y Serralt (Fig. 1; Tabla 1) se observa un registro Tortoniense poco relevante bajo registro messiniense oolítico-mareal y finimessiniense claros (Morey, 2011; Mas, 2015).

### **Plataforma de Llevant** (0-35 m).

Plataforma carbonato-arrecifal que ocupa buena parte del litoral levantino de la isla (Fig. 1). Se describe de manera sintética a partir de los estudios de Simó y Ramón (1986), Fornós (1983), Arenas y Pomar (2010) o Robledo (2005) y de significativos registros inéditos (Cala Nao-Fig. 6A, Cala Murada, Porto Cristo).

De base a techo se observan:

- a). 2 m. Conglomerados o brechas de matriz calcarenítica y *rudstone* de moluscos, ostreoides, equinodernos (*Scutella* sp.) y *Borelis melo*.
- . 2-11 m. Facies arrecifales (talud y frente arrecifal. con *Porites* sp. y rodofíceas. Fig. 6A
- b). 3-4 m. Calcsiltitas bioturbadas con grandes ostreoides (Fig. 6B).
- . Superficie erosiva T/M. Concentraciones de pequeños ostreoides y cerítidos (30 cm).
- c). 10-15 m. Limos y arcillas verdes (d), estromatolitos tubulares y calcarenitas con rizoconcreciones y *Saccostrea* sp. (manglar). Fig. 6C
- f). 20-30 m. Grainstone oolítico (*sand shoal*-litoral mareal; Fornós, 1983). Fig. 6C.
- g. h. i). 3-5 m. Calcarenitas *rudstones* de moluscos mesolitorales (*Conus mercatii*; *Anadara diluvii*). Limos rojos en diversas posiciones (Fig. 6D).



**Fig. 6.** Plataforma de Llevant. Facies de arrecife coralino (A. Corales. Cala Sa Nau y C-c/d-lagoon. Cala Antena) alternando con el Complejo Terminal (C. Manglar.-Cala Santanyí). D. Unidad superior de Cala Morlanda con *Myotragus* sp. no datada. (¿finitortonienenses o messinienses?).

**Fig. 6.** Llevant miocene platform. Coralline reef facies (A. Cala Sa Nau and C c/d-Cala Antena lagoon) alternating with Terminal Messinian Complex (C. Manglar. Cala Santanyí). D. Higher facies (Cala Morlanda) with *Myotragus* sp. never dated (Last Tortonian-Messinian?).

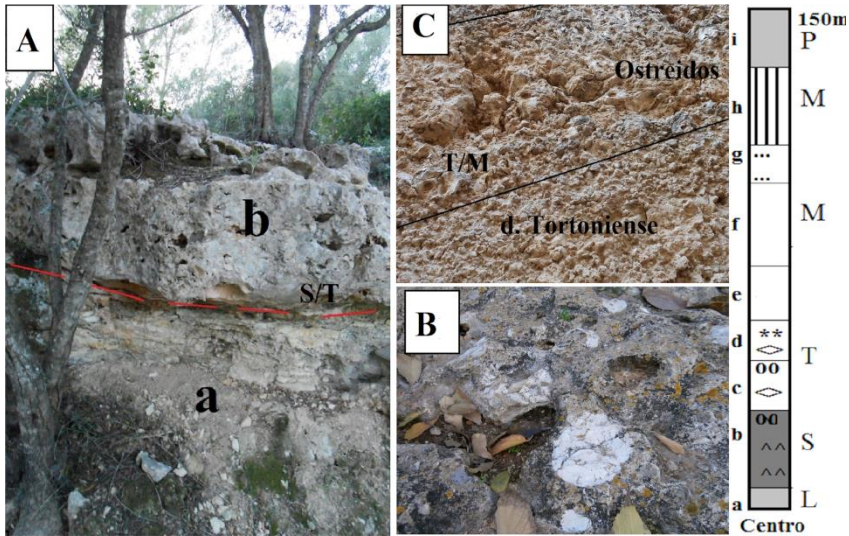
### **Mioceno central**

Perfiles inéditos o poco estudiados de Pi-Pina (150 m) (Pomar *et al.*, 1983); Si-Sineu (145m). (Fig. 7) mostrando en este orden:

- a) Margas blancas bioturbadas (Fm. *Turbidita de Banyalbufar*) (Rodríguez Perea, 1984)
- b) 15 m. Margas arenosas masivas con yeso que pasan lateralmente a aluviones y conglomerados (Fm. *Margas de Pina*. Serravaliense) (Pomar *et al.*, 1983). Pi, Si.
- . Discontinuidad estratigráfica. Pi. (Figs. 7A y 7B)
- c) 1 m. Conglomerados de matriz micrítica-calcarenítica y *rudstones* de ostreoides. Pi.
- d) 2 m. Calizas y calcarenitas micríticas. *Rudstone* de moluscos mesoinfralitorales (*Conus* sp., Turritélidos etc.), equínidos (*Scutella* sp.) y *Borelis melo*. Pi. Ru. Si.
- f) 50 cm. Calizas duras algales (*Lithothamnium* sp.). Pi. Ru.
- g) 2-3 m. Margas y arcillas blancas y rosadas (Ru). Niveles de ostreoides (SI. *Ostrea edulis*) de matriz calcarenítica brechada y margosa blanco amarillenta con *Borelis melo*.
- h) 2 m. Calcarenitas duras cimentadas con moldes de moluscos, balánidos, tellínidos, cerítidos y escasos *Conus* sp. y *Turritella* sp. Ru. SI. Fig. 7C
- i). 1-2 m. Margas y arcillas ocre y blancas con cardiums y cerítidos. Se.



j). 2 m. Domos estromatolíticas métricas. Calcárea oolítica. Se. G. Superficie erosiva.



**Fig. 7.** El Mioceno del centro de la isla proporciona excelentes contactos estratigráficos. A. Cementerio de Pina. Serravaliense/ Tortoniano. B. Conglomerados con ostreidos (Font de Pina) sobre serravaliense (transgresión marina Tortoniano). C. Margas con ostreidos en Sineu (Palau Rei Sanç) separando molasas T2 del Messiniense litoral.

**Fig. 7.** The Miocene of the center of the island provides excellent stratigraphic contacts. A. Pina Cemetery. Serravallian/Tortonian contact. B. Conglomerates with oysters (Font de Pina) on serravallian (Tortonian marine transgression). C. Marls with oysters in Sineu (King Sanç palace)-T2/Messinian contact.

### Cuenca de Manacor-Porreres

Serravaliense citado por Pomar *et al.* (1983) y Simó y Ramón (1986) en Ta-Manacor/Sa Tafal (Fig. 8D).

El Tortoniano aparece en Po-Porreres (100m) y Va-Sa Vall (110m). (Morey, 2010). Todo se ordena con dos perfiles sintéticos:

- *Manacor -Sa Tafal.* (100 m) (Pomar *et al.*, 1983) (Fig. 8D).

a). 10-12 m. Aluviones (conglomerados, limos y regolitas).

b). 3-5 m. Margas grises y verdes yesíferas y arenosas bioturbadas plegadas y falladas con *Amphistegina lessoni* y *Operculina complanata*.

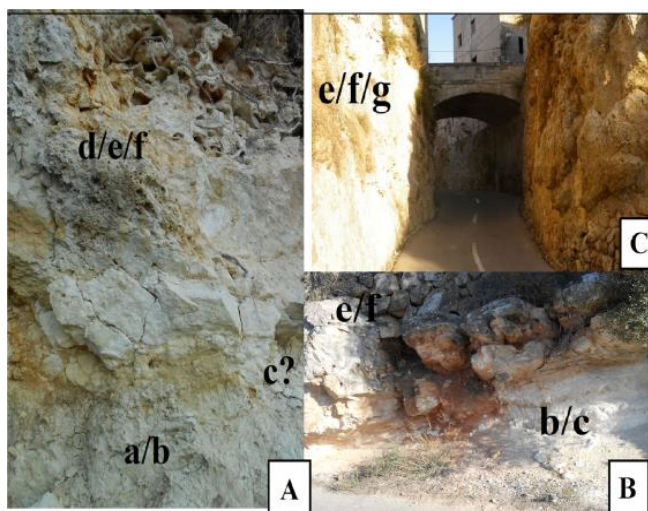
c). 2-3 m. Calizas micríticas oscuras con sílex (diatomitas), niveles centimétricos de carbón y fauna lagunar *brakish* (*Chara* sp., ostrácodos, hidróbidos y *Planorbis* sp.).

**Sa Vall y Porreres** (100-60 m). Sobre margas blancas-ocres bioturbadas (Langhiense) y margas grises de los niveles b se observan (Morey, 2010):

a). Margas y conglomerados con grandes ostreidos (*Crassostrea* sp.).

b) 1 m. Calcáreas y margas blancas y verdes con fragmentos de corales (*Porites* sp.) foraminíferos bentónicos (*Ammonia* sp.) y ostrácodos.

- c) 1 m. Biohermos de *Ostrea edulis*.
- d) 1-2 m. Calcarenitas duras micríticas y lumaquela de moluscos (*Tellina* sp., *Cardita* sp., *Turritella* sp., *Conus* sp.), dientes de peces y *Borelis melo*.
- e) 1 m. Calcáreas y margas ocre con fauna de moluscos bivalvos y ostreidos, foraminíferos bentónicos (*Ammonia tepida*) miliólidos y rizoconcreciones.
- f) 1-2 m. Calcáreas y oolitas duras con estratificación cruzada.



**Fig. 8.** Colina-villa de Muro. Plataforma arrecifal (d, e, f, g) sobre Serravalliense (b, c) y Langhiense (a). Las conocidas molas blancas (f/g) se inician sobre Tortoniense.

**Fig. 8.** Hill-Muro village. Arrecifal platform (d, and, f, g) on Serravallian (b, c) and Langhian (a). Known white limestone (f/g) begins on last Tortonian cycle.

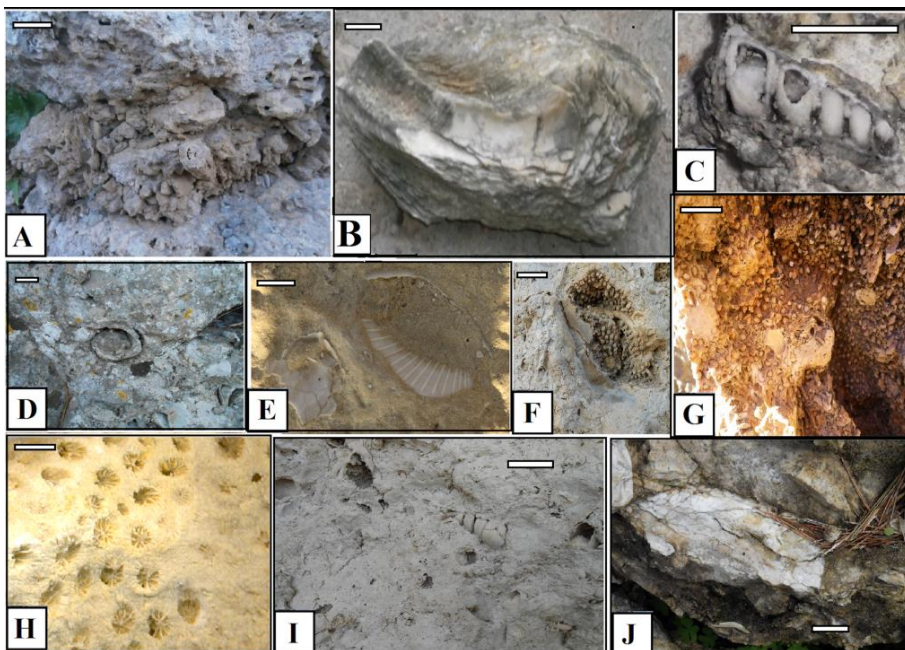
### Norte de Mallorca

Restos de plataforma miocena descrita a partir de los perfiles de Mu-Muro (25 m) (Figs. 8A, 8B y 8C); Ma-Sta. Margalida (70 m); Ar-Ariany (120 m); Vi-La Victòria (0 m) (Fig. 8E); Llu-Llubí-Sa Verdèra (40-60 m). (Gómez Lluèca, 1919; Bizon *et al.*, 1967; Colom, 1966; 1967; Barnolas *et al.*, 1991). La interpretación del conjunto se complementa con el sondeo de Mateu (1982) en la Albufera de Alcúdia.

Sobre margas langhienses blancas bioturbadas se disponen:

- a) 5-7 m. Conglomerados, arcillas rojas y margas. Aluviones terrestres. Mu. Ma.
- b) 3-5 m. Margas grises y verdes arenosas masivas bioturbadas con yeso. Ma. Vi.
- c) 3 m. Calizas micríticas (estromatolitos-diatomitas-sílex) y fauna lagunar *brakish* con algas (*Chara* sp.), ostrácodos (*Cyprideis torosa*), hidróbidos y *Planorbis* sp. V. Ma.
- d) 5-10 m. Caliza micrítica dura (50% matriz). Conglomerados con ostreidos, turritélidos, *Conus* sp., balánidos rodofitos y rodoficeas ramosas. Mu. Vi.
- e) 5 m. *Framestone* de corales en domos de 25-30 cm con *Borelis melo*, miliólidos, rotálidos, gasterópodos y ostrácodos. Mu. Ma. A.
- f) 5-10 m. Calcarenitas y margas blancas con *Borelis melo*, *Strombus* sp., *Conus* sp., turritélidos y cardítidos. Marino meso infralitoral. Mu. Ma.





**Fig. 9a.** Restos fósiles miocenos significativos (referencia 1 cm). Serravaliense. A) Oncolitos. Sa Vall. Tránsito S/T. B) *Crassostrea* sp. Caülls (x 0.1); C) Turritérido. La Victòria. Tortoniense I. D) *Strombus* sp. Pina. E) *Amusium* sp. de Portals. Tortoniense II. F) Corales de Muro. G) de Cala Llobards; H) de Cala Falcó; I) Molasas. Muro. J) Ostreidos. Bellver.

**Fig. 9a.** Significant miocene fossil shells (reference 1 cm.) Serravallian. A. *Oncolites*. Sa Vall: Serravallian /Tortonian boundary . B. *Crassostrea* sp. Caülls (x 0,1); C. *Turritella* sp. LaVictòria. Tortonian Sytem I. D. *Strombus* sp.-Pina. E. *Amusium* sp. Portals Vells. Tortonian Sytem II. Corals rests: F) Muro village; G) Cala Llobards; H) Cala Falcó; I) Muro limestone. J) *Crassostrea* sp. Bellver.

g) 2-3 m. Calcarenita dura con escasos moldes de cardítidos y gasterópodos. Mu. Ma.

h) En los llanos colindantes de Sa Pobla (Sa Marjal) y bajo una capa de aluviones pleistocenos se observan registros finimesinenses inéditos con calcáreas duras oscuras, grises-azuladas-unidad *Calcáreas Pont d'Inca*.

**Sondeo de s'Albufera de Mallorca** (Sondeo. Mateu, 1982) (Fig. 2). Mioceno a -300m.

a). De -316 a -312 m. Marino transgresivo. Sedimentación hemipelágica con *Neogloboquadrina acostaensis*.

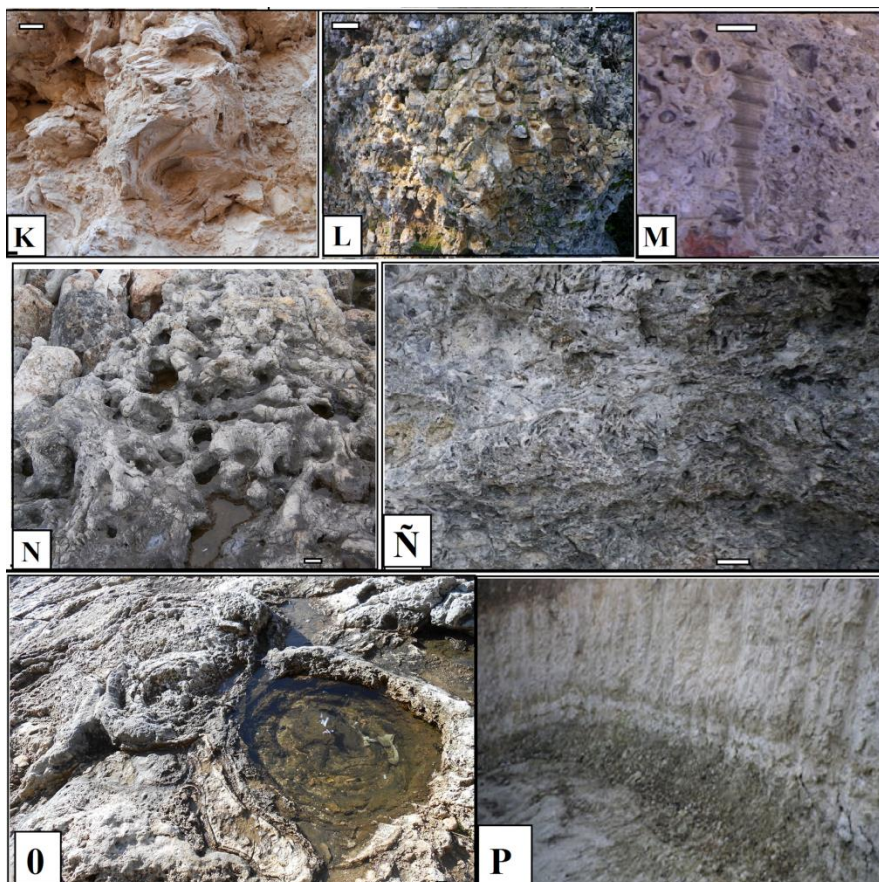
-310. Destrogrismo en *Neogloboquadrina acostaensis*. (Fig. 2)

b). De -302 a -274 m. Margas lacustres con *Ammonia beccarii* y fauna "revoked" piritizada.

c). - 236 m. Ambiente hemipelágico. Retorno al sinistrogismo en *N. acostaensis*.

En - 230 m. BPA de *Globorotalia mediterranea* (afin a *Glb. conomiozea*). Messiniense.

d). De -185 a -190 m. Evaporitas azoicas con yeso, esquirlas de moluscos, rizoconcreciones y oogonios de *Chara* sp. Desaparece *Globorotalia mediterranea*.



**Fig. 9b.** *T/M-Messiniense*. K. Ostreidos Sineu (Palau del Rei Saç); L. Turritélidos Bellver; M. Muro Cerca de la unidad superior-molasas; N. Rodofíceas. Bancals-Cap Blanc; Ñ. *Halimeda* sp. Morería; O. Estromatolitos-Superficie erosiva. Porto Pi; P. Margas grises de Son Seguí.

**Fig. 9b.** *Tortonian-Messinian boundary*: K. *Oyster Sineu* (Palau Rei Saç); L. *Turritella* sp. limestone Bellver; M. Muro upper limestone unity; N. Red algae fossils rest. Bancals; Ñ. *Halimeda* sp. Morería; O. *Stromatolites-erosive surface*. Porto Pi; P. Grey marls of Son Seguí.

e y f). De -183 a -158 m. Registro marino planctónico. Entrada de *Globorotalia margaritae*. Plioceno.

**Paleoambientes documentados y ordenados de mayor a menor profundidad:**

a) Registros plantónicos hemipelágicos de salinidad normal con foraminíferos (*Gb. nephentes*, *N. acostaensis*, *Heterostegina* sp. Bizón *et al.*, 1967; Alvaro *et al.*, 1984; Mateu, 1982) y moluscos infra y circalitorales (*Amusium* sp. Portals-Cala Falcó -Fig. 9E, Morería).

Las concentraciones de cerítidos y turritélidos (La Victòria. Fig. 9C; Bellver-Fig. 9B) y de pequeños ostreidos (*Ostrea* sp., *Neopicnodonte navicularis*) (Fig. 9K) entre calcilutitas o margas se observan también propias de ambientes circalitorales.

b) Registros mesoínfralitorales de salinidad normal con foraminíferos bentónicos (*Amphistegina* sp., *Borelis melo*) (Mateu, 1982; Colom, 1985). Registros con vermétidos, algas constructoras de arrecifes (*Halimeda* sp.) (Figs. 9N y 9Ñ), equínidos (*Amphiope bioculata*; *Scutella* sp.), antozoos (*Porites* sp., *Tarbellastraea* sp., *Siderastraea* sp.) (Figs. 9F, 9G y 9H), moluscos (Figs. 9I y 9L) o dientes de peces (Bauzá, 1978; Pomar *et al.*, 1983).

c) Registros de costa baja litoral o llanura mareal. Facies de manglar internas al arrecife con rizoconcreciones y concentraciones de cardítidos y tellínidos y *Saccostrea mangle*. Porto Pi (Fig. 9O) y Marina de Llevant (Fig. 6). También se consideran propias de ambientes mesoínfralitorales los grandes ostreidos entre margas o conglomerados (*Crassostrea* sp., Caülls) (Fig. 9B) de Bellver (Fig. 9J) o de Pina (Fig. 7).

d) Registros continentales. Aluviones, limos rojos, margas y conglomerados sin fauna marina. Ambientes fluvio-lacustre con lutitas y margas con materia orgánica, carófitas gasterópodos lagunares y carbón o niveles de sílex (diatomitas, oncolitos). Serravaliense de Sa Tafal-S'Avall (Fig. 9A) o Sa Verdera (Colom, 1966; 1967).

## Ordenación estratigráfica

### *Sintema Serravaliense*

El registro serravaliense documentado descansa siempre sobre margas planctónicas y calcarenitas marinas con pectínidos (*Fm. Turbidita de Banyalbufar*. *Fm. Calcarenitas de Randa*) es Caülls (Fig. 4B), Muro (Fig. 8A), Pina (Fig. 7) (Rodríguez Perea, 1984). Estas han sido datadas en el resto del Mediterráneo y centro Europa entre los 15 y 14 ma (Langhiense) (Mourik, 2010).

El ciclo continental lagunar posterior y común en todo el registro mediterráneo parece responder a un enfriamiento climático a nivel global (efecto Himalaya/glaciación antártica. (Mateu, 1982; Haq *et al.*, 1987; van Dam *et al.*, 2006; Kringsman *et al.*, 1999. Mourik, 2010). En Mallorca la edad de estos terrenos se ha datado a partir de los micromamíferos presentes en sus lignitos y coincide con la edad establecida para otros registros mediterráneos similares (Adrover *et al.*, 1984; Mein y Adrover, 1982). Así el registro considerado Serravaliense comprende (Fig. 10):

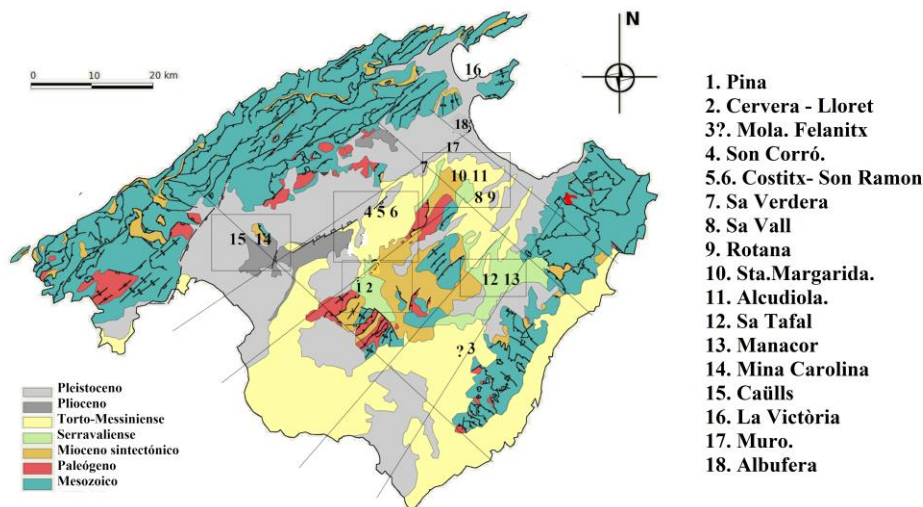
-Aluviones procedentes de los relieves emergidos (*Fm. Limos de Manacor*) tanto sobre Langhiense (Muro), bien como facies laterales de la *Fm. Margas de Pina* o bien sobre estas (*Fm. Calizas de Sa Verdera*) en la Mina Carolina.

-Facies salobres someras. *Fm. Margas de Pina*. Pina, Caülls, Porreres, Sa Vall.

-Facies o registros de agua dulce. *Fm. Calizas de Sa Verdera*. Sa Vall, Son Talent (Fig. 8D).

Todo el registro restringido-lagunar documentado se observa como postectónico en este estudio y así se propone frente a las observaciones de Pomar *et al.* (1983) o Simo y Ramón (1986) que lo consideran aún sintectónico. Se trata de un registro depositado sólo en los grabens y nunca implicado en los horts (Fallot, 1922; Gelabert, 1997) (Fig. 10). La existencia de otros materiales postorogénicos con evidencias de plegamiento (Plioceno de Sta. Eugènia) (Morey y Mas, 2009; Morey, 2016) nos lleva a plantear que para la clasificación de estos terrenos ha de prevalecer su disposición respecto del orógeno alpino independientemente de su estructura interna tal y como se había considerado hasta ahora (Pomar *et al.*, 1983; Álvaro *et al.*, 1984; Simo y Ramón, 1986; Fornós *et al.*, 1991).





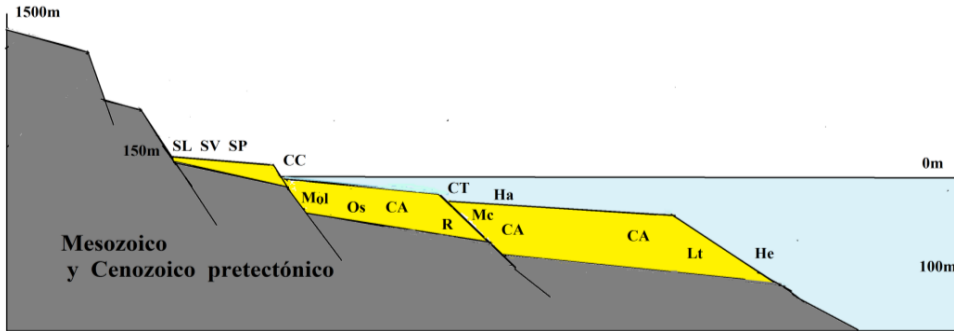
**Fig. 10.** Distribución del registro paleontológico Serravallense sobre mapa de Gelabert, 1997/1998).  
**Fig. 10.** *Serravallian Palaeontological Sites in map of Gelabert, 1997/1998).*

### *Sintema Tortonense I (TI) y discontinuidad S/T*

El Tortonense a nivel global/ mediterráneo se inicia con una transgresión marina y con la aparición de *Globigerionides subquadratus* (11.6 Ma. Hilgen *et al.*, 2005. GSSP. *Global boundary Stratotype Section and Point* de Monte o Corvi, Italia). En la península Ibérica esta transgresión marina se detecta con la entrada de *Neogloboquadrina acostaensis destrosa* (Montenat, 1990; Corbí, 2010; Corbí y Soria, 2016), episodio detectado también por Mateu (1982) en el sondeo de Alcúdia a -310 m (Fig. 2).

En superficie el paso de sedimentación margosa-lagunar serravallense a sedimentación marina se documenta en La Victòria (conglomerados con *Lepydociolina* sp. y turritélidos) (Bizón *et al.*, 1967) (Figs. 8E y 9C) y en Es Caülls (Fig. 4), Porreres, Sa Vall o Pina (Figs. 7A y 7B) aquí con margas ocreas y conglomerados con *Crassostrea* sp. (Fig. 9B).

En las plataformas del Sur de Mallorca más alejadas del relieve emergido (Figs. 5 y 6), la transgresión marina tortonense se inicia con arenas gruesas y estructuras de oleaje (Simó y Ramón, 1986) que evolucionan a margas y calcisiltitas bioturbadas con *Heterostegina* sp. (Pomar *et al.*, 1983; Pomar, 1988; 1991) (Fig. 9E). Este registro evoluciona a facies de plataforma litoral con calcarenitas con *Conus* sp., rodofitos, equínidos y dientes de peces (Bauzá, 1978; Fornós *et al.*, 1991) (Fig. 9D). Este tránsito se observa tanto sobre los conglomerados con ostreoides (Pina y Muro) (Bauzá, 1978) (Figs. 7 y 8) como sobre las facies de margas y calcilutitas (Portals Vells. Bauzá, 1978; Pomar *et al.*, 1983; Morey y Ripoll, 2009) (Figs. 3A y 9E; Tabla 4).



**Fig. 11.** Paleoambientes, unidades sedimentarias y situación en el registro. **Serravallense:** aluvial (SL), lagunar (SV) y lagoon litoral (SP). **Tortoniense-Messiniense:** He-Margas con *Heterostegina* sp., Ha-*Halimeda* sp., R-Rodófitos, Lt.-*Lithothamnium*, CC.-Conglomerados con *Crassostrea* sp., Os-Pequeños ostreidos, Mol-Molasas blancas, Mc-Margas con ceritidos y turritélidos, CA-Complejo Arrecifal, CT-Complejo Terminal.

**Fig. 11.** Palaeoenvironments, sedimentary units on the miocene record studied. **Serravallian:** Alluvial (SL); lagoon (SV) and coastal lagoon (SP). **Tortonian-Messinian:** He-marls with *Heterostegina* sp., Ha-*Halimeda* sp., R-Rhodophytes, Lt- *Lithothamnium*, CC-Conglomerate with *Crassostrea* sp., OS-small oysters, Mol-Muro white limestone, Mc-Cerithium sp. and *Turritella* sp. marls, CA-Arrecifal complex, CT-Terminal messinian complex.

### **Discontinuidad sedimentaria intratortoniense (T)**

En la cuenca del Bajo Segura el Tortoniense se divide según la mayoría de estudios en dos ciclos marinos litorales (T1 y TM) separados por discontinuidad sedimentaria (episodio con *N. acostaensis sinistrosa* (Sierro *et al.*, 1993; Hilden *et al.*, 2000; Tent Manclús, 2003; Corbí, 2010; Corbí y Soria, 2016) (9.54 Ma). En el registro mallorquín este episodio ligado a la discontinuidad es detectado por Mateu (1982) en el sondeo de Alcudia a -300m (Fig. 2).

En superficie y en Cap Blanc (Fig. 5B), las facies inferiores de la plataforma carbonato-arrecifal se datan entre los 9 y 8 Ma (Oswald, 1992). Esta datación junto con la discontinuidad sedimentaria cercana lleva a Pomar (1991) y Pomar y Ward (1991; 1994) a situar las facies *Fm. Calcisiltitas con Heterostegina*-base del complejo arrecifal como T1 y las facies superiores mesoinfralitorales o complejo arrecifal propiamente dicho como TII (Ciclos CB1 y CB2 de Haq *et al.*, 1987). Esta interpretación concuerda con las observaciones de Tent Manclus (2003, 2008), García *et al.* (2006), Corbí (2010) o Corbí y Soria (2016) en los registros del Bajo Segura (Fig. 2) y de Brandano *et al.* (2016) en la plataforma miocena de Menorca. Así se observa también en este estudio.

### **Sintema TII. Tortoniense II-Tortomessiniense**

Los estudios de García *et al.* (2006) o Corbí (2010) en el registro neógeno de la península Ibérica definen el ciclo TII -Tortomessiniense con la presencia del foraminífero *Neoglobobadrina humerosa*. Esta especie no es detectada en el registro de Mallorca. Mateu (1982), sin embargo, sitúa este nuevo ciclo marino transgresivo tras episodio con *Nq. acostaensis sinistrosa* (Fig. 2) y anterior a la entrada de *Globorotalia mediterranea*.

Colom (1985) define estas facies mesolitorales anteriores a la entrada de *Glb mediterranea* (Messiniense) como facies típicas del macroforaminífero *Borelis melo*. En superficie, y para este segundo ciclo litoral anterior a la discontinuidad finitortoniense se observan dos conjuntos de facies de naturaleza distinta dependiendo de su situación respecto al relieve emergido (Tabla 4; Figs. 11 i 12):

a) Complejo Arrecifal. Tortoniense superior-Messiniense (Biocronozona 17 de Blow. Bizon *et al.*, 1967; Álvaro *et al.*, 1984; Pomar *et al.*, 1983). Este está más desarrollado en el Sur de Mallorca lejos de las deposiciones aluviales procedentes del relieve emergido (Pomar y Ward, 1991; 1994). Otros restos arrecifales menos potentes se observan en el norte de Mallorca (Muro, Sta. Margalida) (Figs. 9F y 9G) bien sobre Serravalliense bien sobre ciclo T1.

b) Moladas (calcarenitas) blancas con *Borelis melo* depositadas sobre registro Serravalliense o T1 (Colom, 1985), Muro, Sineu /Ruberts, Porreres (Figs. 7C y 9I). Estos registros no muestran con claridad su contacto superior. El foraminífero *Borelis melo* se cita también messiniense (Barnolas *et al.*, 1991; Betzler y Schmitz, 1997).

### ***Enfriamiento climático finitortoniense***

El Tortoniense finaliza a nivel global/mediterráneo con nuevo enfriamiento climático y regresión marina asociada (Haq *et al.*, 1987; Aguirre, 1993; van Dam *et al.*, 2006; Corbí, 2010). Esta se manifiesta en el Mediterráneo Occidental con una nueva bentonización del registro e incluso con precipitación salina y euxínica local (Mateu, 1982; Colom, 1985; Bagkey, 2000; Aguirre, 2003) (Fig. 2). A ello se suma la reactivación tectónica en Gibraltar con vulcanismo asociado (Martín *et al.*, 1999; Aguirre, 2003) con la consecuente degradación de los arrecifes coralinos (disminución de biodiversidad y competencia de algas rodfíceas (Esteban, 1979; Esteban y Giner, 1980; Aguirre, 2003; Braga *et al.*, 1996; 2009; Corbí, 2010).

En los registros mediterráneos el tránsito del Tortoniense al Messiniense se detecta con la presencia de nuevos foraminíferos planctónicos como *Globorotalia miotumida* (Jenkins, 1960), *Gbt. mediterranea* o *Gbt. conomiozea* (Corbí, 2010. Corbí y Soria, 2016) (Fig. 2) y con la llegada de nuevas especies de mamíferos euroasiáticos en el registro continental (Aguirre, 2003; Garcés *et al.*, 1998; Agustí *et al.*, 2006).

Mateu (1982) documenta en el sondeo de Alcúdia la entrada de *Gbt. mediterranea* sobre los -230 m (Fig. 2). Colom (1985) para la cuenca de Palma situa este episodio sobre moladas con *Borelis melo* y margas grises con yesos todo bajo oolitas mareales y nuevas evaporitas finimessinienses (Pomar *et al.*, 1983; Colom, 1985. Sondeos 22 y 40. Fig. 4). Estas margas grises con yeso anteriores a la entrada de *Gbt. mediterranea* suponen un claro registro regresivo entre dos facies marinas (Tortoniense y oolitas litorales mareales messinienses. Fornós, 1983; Fornós *et al.*, 1991; Mas, 2015) que por posición pueden ser correlacionadas con el episodio "carbón shift"-T/M (Aguirre, 2003), con el ciclo *Gea* (Soria *et al.*, 2007) y/o a la unidad inferior de yesos Fortuna, estos bajo complejo arrecifal messiniense (Garcés *et al.*, 1998).

En el registro de Mallorca y en superficie (Porto Pi, Son Seguí) (Fig. 9) este episodio se sitúa cercano a la superficie de erosión (Fig. 9P) que separa el Complejo Arrecifal del Complejo Terminal messiniense (Pomar *et al.*, 1996; Robledo, 2005; Morey, 2016) (Fig. 9O) si bien su interpretación es aún controvertida.



Pomar *et al.* (1983) o Fornós *et al.* (1991) sitúan gran parte del complexo arrecifal como Tortoniense y el Ciclo CB3 o Complejo Terminal como probable messiniense. Sin embargo no pueden establecer una separación clara entre los dos ciclos al no poder relacionar las margas grises de los sondeos con la superficie erosiva que separa el Complejo Arrecifal del Terminal en superficie (Mateu, 1982; Colom, 1985) (Figs. 2 i 4). Estos estudios todavía no contemplan el registro fini-Messiniense restringido ni su relación con el cierre del corredor atlántico/mediterráneo (Morey y Mas, 2009).

Los estudios de Mas y Fornós (2012) y Mas (2015) sitúan el grueso del Complejo Terminal como fini-Messiniense (posterior al cierre de la comunicación atlántica) al igual que las unidades de margas grises. Esta interpretación no explica las evidencias de la transgresión marina messiniense (Bellver, Fig. 3; Fig. 9L; Plataforma de Llevant, Fig. 7; Son Seguí, Fig. 9b) ni la sedimentación mareal posterior a la superficie erosiva que separa el Complejo Arrecifal del Terminal (Esteban, 1979; Fornós, 1983; Morey, 2016) (Figs. 6A y 6C). Resulta pues incoherente con un hipotético cierre de la comunicación atlántico-mediterránea (Morey, 2018).

En este estudio se proponen como tortonienses los registros encuadrados entre el registro serravaliense restringido y las margas grises/ superficie erosiva finitortoniense anteriores a la entrada de *Glb. mediterranea*. Luego el registro litoral con *Glb. mediterranea* y la aún sedimentación mareal anterior al registro lagunar restringido-MS (Morey y Mas, 2009) serían ya messinienses (Figs. 9K, 9L y 9M; Tabla 3).

Así el grueso de la plataforma arrecifal de la isla se observaría tortoniense bajo superficie erosiva T/M sin que se puedan descartar en algunos registros del Norte y Levante de la isla (Figs. 6A y 9) algunas construcciones de corales messinienses coetáneos a los de Salento (Bosellini *et al.*, 2001) o de la Península Ibérica (Esteban y Giner, 1980; Dabrió *et al.*, 1981; Santiesteban *et al.*, 1992; Martín *et al.*, 1999; Martínez del Olmo, 2012).

La confusión entre los ciclos TII-Tortoniense y M (Transgresión marina messiniense-registro litoral-mareal) sobreviene (según lo observado en este estudio) al no observarse con claridad en muchos sondeos los registros de margas grises fini tortonienses y finimessinienses (solapamiento, erosión o no deposición.) como ocurre en algunos de los sondeos de la cuenca de Palma (Colom, 1985).

### **Interpretación paleoambiental**

Los registros continentales lagunares o de transición a condiciones litorales se observan propios del Serravaliense (estromatolitos, sílex-diatomitas, carbón y fauna y flora de agua dulce (Fig. 9A) o de finales del ciclo marino tortoniense (margas grises con materia orgánica) (Fig. 9P). Las concentraciones de grandes ostreidos (ambientes restringidos con poca paleodiversidad e influencia continental y concentración de nutrientes (Jiménez *et al.*, 1991) también se observan cercanas al límite S/T (Caülls, Mina Carolina, Porreres, Sa Vall, Fig. 9B) o del tránsito tortomessiniense (Bellver, Fig. 9J, Tabla 3, Tabla 4).

Los registros mesoinfralitorales de salinidad normal son propios de los óptimos climáticos (estabilización marina) lejos de deposiciones aluviales (arrecifes de coral o de algas tipo *Halimeda* sp.) (Fig. 9Ñ). Las facies algales litorales sobre registros de cierta profundidad significarían una estabilización del nivel del mar (facies de rodófitos -Fig. 9N-, *Halimeda* sp. tras margas con *Heterostegina* sp. de Portals o Cap Blanc-TI -Figs. 5B y 9Ñ-

). Estas mismas facies o equivalentes sobre registros más litorales (Pina-Ruberts) (Fig. 7A) significan nueva transgresión marina (TII o Messiniense).

Turbiditas y margas langhienses		Cü. Ta. Va. Po. Pi. Si. Ma. Mu.
Calcarenitas con pectínidos		Ta –Manacor. Felanitx
Limos y conglomerados	S	Cü.Ta. Pi. Ma. Mu
Margas grises con yesos y carbón	S	Cü.Ca. Ta. Va. Po. Pi. Si. Co. Llu. Vi. Ma. Mu
Calizas algales. Laminación estromatolítica. Sílex.	S	Ca.Ta. Va. Llu. Ma.
Margas y conglomerados con ostreidos	S/T	Cü. Ca. Ta. Va.Pi. Mu.
Calizas y conglomerados con cerítidos y turritélidos	TI	Cü. Vi. Mu
Margas y calcisiltitas con <i>Heterostegina</i> sp.	TI	P.F. Be. M. CpB.
Calcarenitas con rodofitos ( <i>Halimeda</i> sp.) y equínidos.	T	Rb. P. F. M. Lle. Pi. Co. Mu
Calcarenitas (moladas) blancas con <i>Borelis melo</i>	TII	M. Va. Po. Pi. Si. Mu
Complejo Arrecifal. Facies plataforma. <i>Halimeda</i> sp.	TII	F. Pp. M. CpB. Po. Pi. Co. Mu.
CA. Facies de talud	TII	CpB.
CA. Facies de frente arrecifal.	TII	CpB. Va.Ar.
CA. Facies de manglar	TII	B. Lle.
Calcarenitas y margas con ostreidos y <i>Borelis melo</i>	T-M	Be. Lle. Va. Po. Si. Co?. Ru. Mu.
Margas grises/margas verdes	T/M	Pp. Lle. Po.
Superficie erosiva. Estromatolitos	T/M	Be.A. Pp.
Margas con <i>Crasostrea</i> sp.		B. Be. A. Pp. Po.
Transgresión marina messiniense y Messiniense Cerítidos y turritélidos. <i>Conus</i> sp. Vermétidos. Oolitas	M	Be. A. Pp. M?.CpB. Lle. Va?. Po. Si. Csp. Se. Ru. Llu. Mu?.
Estromatolitos MSC y facies Lagomare		Pp. A. M. Lle. Po.Csp. Se. Csp. Llu.
Margas con <i>Amusium</i> sp. Pliocenos	P	A .M. Se. Csp. Llu.

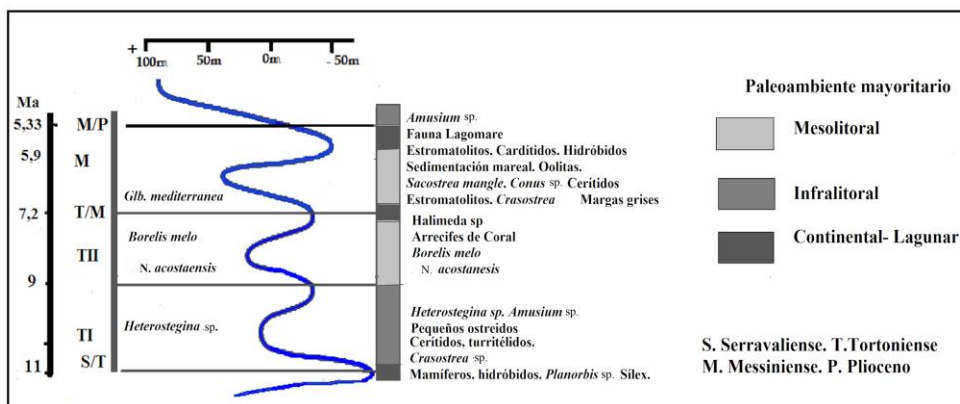
**Tabla. 3.** Paleofacies catalogadas (números-presencia en localidades de Fig.1) y ordenadas según situación y ciclo sedimentario (S. Serravaliense. T. Tortoniense1; T/M. Tortomessiniense; M. Messiniense. Gris oscuro. Facies lagunares-regresivas; Gris claro-facies planctónicas; Blanco. Sedimentación mesoínfralitoral. Se observa clara ciclicidad del registro (regresión/ transgresión marina-estabilización).

**Table. 3.** Paleofacies catalogued (numbers and presence in localities. Fig. 1) and ordered according to situation and sedimentary cycle (S. Serravallian. T. Tortoniann1; T/M. Tortomessinian; M. Messinian. Dark gray-lagoon; Clear gray planktonic record; White colour. Mesoínfralitoral sedimentation. On the studied registry, clear ciclicity is documented (regression and marine transgression and new stabilization).

Las concentraciones de cerítidos entre calcarenitas y margas marinas bioturbadas son propias de depósitos de abanico externo (ambientes infra-circolitorales arenosos) (Jiménez *et al.*, 1991). Por el contrario, los pequeños y medianos ostreidos y los restos algales de cierta profundidad (*Lithontanium* sp.) son más propios de plataformas rocosas infralitorales (23-25 m) (Anadón, 1989; Rivas *et al.*, 1999; Mankiewich, 1988; Braga *et al.*, 1996; 2009) (Figs. 10K, 10L y 10N). Estos paleoambientes se observan cercanos a las transgresiones marinas tortoniense (La Victòria) (Bizón *et al.*, 1967) (Fig. 8) o ya la transgresión marina

messiniense (sobre limos y conglomerados en Bellver o sobre superficie erosiva en Cala Santanyí y Porto Pi (Figs. 3, 6, 9J, 9K y 11; Tablas 3 y 4.)

Los registros planctónicos hemipelágicos y de salinidad normal se observan bien significando la transgresión marina tortoniense (Bizón *et al.*, 1967; Alvaro *et al.*, 1984; Mateu, 1982), o bien como facies de plataforma externa del complejo arrecifal con *N. acostaensis*, *Heterostegina* sp. y *Amusium* sp. (Pomar, 1991) (Fig. 3 y 9E).



**Fig. 12.** Extrapolación del registro mioceno estudiado sobre curva glacioeustática/ ciclos de Haq *et al.* (1987) y sedimentación mayoritaria para cada ciclo establecido.

**Fig. 12.** Miocene studied record according glacio-eustatic cycles (Haq *et al.*, 1987) and major sedimentary record according each cycle.

	Grabens. Mayor subsidencia	Centro-Norte. Importante Influencia del relieve.	Plataformas Sur y Este más lejana al relieve emergido	Plataformas subsidiadas 100m
S	Planctónico	Aluvial-lagunar	No en superficie	Aluvial-lagunar
S/T	Bentónico	Conglomerados. Ostreidos	No en superficie	Conglomerados. Ostreidos
T1	Planctónico-litoral	Conglomerados. Ostreidos	Planctónico	Planctónico
TM2	Litoral	Calcarenitas litorales	Litoral arrecifal	Infralitoral arrecifal
T/M	Lagunar restringido. Yeso	Margas, ostreidos, aluviones.	Superficie erosiva. Estromatolitos	Superficie erosiva. Estromatolitos. Ostreidos

**Tabla 4.** Ordenación del registro estudiado según proximidad al orógeno alpino en superficie

**Table 4.** Sedimentary record according to Majorcan alpine relief.

### Conclusiones finales

Los trabajos de catalogación y revisión del patrimonio Paleontológico de Mallorca aportan un significativo registro para el Mioceno postectónico de la isla que permite diferenciar tres secuencias deposicionales marino/continentales o Sintemas para los periodos Serravaliense y Tortoniense separadas por respectivas discontinuidades sedimentarias:

- **Sintema Serravalliense.** Registro continental-lagunar propuesto y contemplado en este estudio como post-tectónico al observarse depositado sólo en los grabens de la isla y sin implicación en el orógeno alpino estructurado.

- **Sintema Tortoniense I.** Transgresión marina-Ciclo TI (entrada *N. acostaensis*) sobre el registro lagunar serravalliense con dos tipos de registros o paleoambientes principales según influencia del relieve emergido:

- Registros marinos de plataforma interna. Conglomerados con turrítelidos. Margas con *Crassostrea* sp.

- Facies marinas de plataforma externa. *Calcsiltitas* con *Heterostegina* sp.

La discontinuidad intratortoniense (episodio con *N. acostaensis sinistrosa*) separa el ciclo TI de un segundo ciclo infralitoral o Tortoniense-TII.

- **Sintema Tortoniense II.** Depósitos litorales de plataforma interna (calcarenitas y margas con *Borelis melo*) o más alejada del orógeno principal (Complejo Arrecifal).

**Tránsito Tortoniense-Messiniense (T/M).** Nueva continentalización del registro con superficie erosiva y margas lagunares en los grabens bajo nuevo ciclo litoral-mareal considerado ya messiniense (entrada de *Glb. mediterranea*).

Esta alternancia de ciclos marinos litorales separados por episodios regresivos implica la formación de un mosaico de ambientes sedimentarios en función de la distensión del orógeno alpino y de la proximidad al relieve emergido que resultan fundamentales para definir y ordenar cada uno de los Sintemas propuestos.

## Agradecimientos

Agradecemos este estudio al Dr. Guillem X. Pons en sus ánimos, confianza y correcciones y a Noemi, Noé y Sofia por su apoyo sentimental y logístico.

## Referencias

- Adrover, R., Agustí, J., Moyá, S. y Pons, J. 1984. Nueva localidad de micromamíferos insulares del Mioceno medio en las proximidades de San Lorenzo (Mallorca). *Paleontologia i evolució*, 18: 121-129.
- Aguirre, E. 2003. Messiniense: Compleja y grave crisis ecológica. *Estudios Geológicos*, 59: 205-212.
- Agustí, J., Garcés, M. y Krijgsman W. 2006. Evidence for African-Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238: 5-14.
- Álvaro, M., Barnolas, A., Del Olmo, P., Ramírez del Pozo, J. y Simó, A. 1984. El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica. *Boletín Geológico y Minero*, 95 (1): 3-25.
- Anadón, P. 1989. Los lagos salinos interiores (atalásicos) con faunas de afinidad marina del Cenozoico de la Península Ibérica. *Acta Geologica Hispanica*, 24 (2): 83-102.
- Arenas, C. y Pomar, L. 2010. Microbial deposits in Upper Miocene carbonates, Mallorca, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297: 465-485.
- Bagkley, K.A. 2000. The last Tortonian-early messinian foraminiferal of Abad member (Tune formation). Sorbas basin, Almería. SE Spain. *Palaeoecology*, 43: 1069-1112.
- Barnolas *et al.*, 1991. Memorias del mapa Geológico de Mallorca. *Instituto Geológico Minero*, Madrid.

- Bauzà, J. 1978. *Paleontología de Mallorca: 180 millones de años de la flora y fauna de Mallorca*. In Historia de Mallorca (Mascaró, J. Ed.). Gráficas Miralles, Palma, 331-430.
- Benedicto, A. 1994. Geología de la Cubeta de Inca (Mallorca): cartografía geológica e interpretación de los datos del subsuelo. *Bol. Societat d'Història Natural. Balears*, 37: 15-25.
- Betzler, C. y Schimtz, S. 1997. First record of *Borelis melo* and *Dentritina sp.* in the Messinian of SE Spain (Cabo de Gata, Province Almeria). *Paläotologische Zeitschrift*, 71 (3/4): 211-216.
- Bizon, G., Bizon, J. J. y Colom, G. 1967. Note préliminaire sur les microfaunes planctoniques du Miocène marin de l'Île de Mallorque (Iles Baléares). In: Committee Mediterranean Neogene Stratigraphy. Proc. IV Session, Bologna. *Giornale di Geologia*, 35 (2): 331-340.
- Bosellini, F. R., Russo, A. y Vescogni, A. 2001. Messinian reef-building assemblages of the Salento Peninsula (southern Italy): palaeobathymetric and paleoclimatic significance. *Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175:7-26.
- Braga, J., Martín, J.M. y Riding, R. 1996. Internal structure of segment reefs: *Halimeda* algal mounds in the Mediterranean Miocene. *Geology*, 24: 35-38.
- Braga, J. G., Vescogni, A. y Bosellini, F. R. 2009. Coralline algae (Corallinales, Rhodophyta) in western and central Mediterranean Messinian reefs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 275 (1-4): 113-128.
- Brandano, M., Westphal, H., Mateu Vicens, G., Preton, N. y Obrador, A. 2016. Ancient upwelling record in a phosphate hardground (Tortonian of Menorca, Balearic Islands, Spain). *Marine and Petroleum Geology*, 1-14.
- Butzer, K.W. 1975. Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean Basin. A Mallorquin view. In. *After the Australopithecines: stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*. Mouton press. The Hague, 25-71
- Chang, K. H. 1975. Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geological Society American Bulletin*, 86: 1544-1552.
- Colom, G. 1966. Cantos rodados con *Lepidocyclinas* en los conglomerados de base de la transgresión helveciense en la región de Alcudia (Mallorca). *Acta Geológica Hispánica*, 2 (5): 121-122.
- Colom, G. 1967. Les lacs du Burdigalien Supérieur de l'île de Mallorque (Baléares) et le rôle des melosires (diatomées) dans la formation de leurs varves. *Bulletin Société Géologique Française*, 9 (7): 835-843.
- Colom, G. 1985. Estratigrafía y Paleontología del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Balears). *Boletín Geológico y Minero*, 96 (3): 235-302.
- Corbí, H. A. 2010. *Los foraminíferos de la cuenca neógena del Bajo Segura*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, 380 pp.
- Corbí, H., Lancis, F., García-García, F., Pina, J. A., Soria, J.M., Ten Manclús, J. E. y Viseras, C. 2012. Updating the marine biostratigraphy of the Granada Basin (central Betic Cordillera). Insight for the Late Miocene palaeogeographic evolution of the Atlantic-Mediterranean seaway. *Geobios*, 45 (3): 249-263.
- Corbí, H. y Soria J. M. 2016. Late Miocene early Pliocene planktonic foraminifer eventstratigraphy of the Bajo Segura basin: A complete record of the western Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, 77: 1010-1027.
- Corbí, H., Soria, J.M., Lancis, C., Giannetti, A., Tent-Manclús, J. E. y Dinares-Turell, J. 2016. Sedimentological and paleoenvironmental scenario before, during, and after the Messinian Salinity Crisis: the San Miguel de Salinas composite section (western Mediterranean). *Marine Geology*, 379: 246-266.
- Dabrio, C. J., Esteban, M. y Martín, J. M. 1991. The Coral Reef of Nijar, Messinian (Uppermost Miocene), Almería Province. SE. Spain. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51 (2): 521-539.
- Esteban, M. 1979. Significance of the Upper Miocene coral reefs of the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 29: 169-188.

- Esteban, M. y Giner, J. 1980. Messinian coral reef and erosional surface in Cabo de Gata (Almería, SE Spain). *Acta Geológica Hispánica*, 4 (5): 97-107.
- Fallot, P. 1922. *Étude géologique de la Sierra de Majorque (Îles Balears)*. Tesis, U. Paris-Lieja, 480 pp.
- Fornós, J.J. 1983. *Estudi sedimentològic del Miocè Terminal de Mallorca de l'illa de Mallorca*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona, 228 pp.
- Fornós, J.J. y Gelabert, B. 2004. Balears. In: Vera, J. A. (ed.). *Geología de España. Sociedad Geológica de España. Instituto Geológico y Minero de España*, 450-464
- Fornós, J. J., Marzo, M., Pomar, L., Ramos-Guerrero, E. y Rodríguez-Perea, A. 1991. Evolución tectono-sedimentaria y análisis estratigráfico del Terciario de la isla de Mallorca. *Guía de Campo. I Congreso del Grupo Español del Terciario, Menorca*, 145 pp.
- Garcés, M., Krijgsman, W. y Agustí. 1998. Chronology of the late Turolian deposits of the Fortuna basin (SE. Spain): implications for the Messinian evolution of the eastern Betics. *Earth Planet. Sciences Letter*, 163: 69-81.
- García-García, F., Fernández, J., Viseras, C. y Soria, J. M. 2006. High frequency cyclicity in a vertical alternation of Gilbert-type deltas and carbonate bioconstructions in late the Tortonian, Tabernas Basin, Southern Spain. *Sedimentary Geology*, 192: 123-139.
- García Yagüe, A. y Muntaner, A. 1968. *Estudio hidrogeológico del llano de Palma*. MOPU, 3T. 1004 pp.
- Gelabert, B. 1997. *L'estructura geològica de la Serra de Tramuntana de Mallorca*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 180 pp
- Gómez Llucca, F. 1919. El Mioceno marino de Muro (Mallorca). *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, Serie Geológica*, 25, 91 pp.
- Haime, J. 1855. Notice sur la geologie de l'Ile de Majorque. *Bull. Soc. Geolog. de France, Paris*, 12: 734-752.
- Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les Îles Baleares: première partie Majorque et Minorque*. Tesis Doctoral, Paris, 362 pp.
- Hilgen, F. J., Bissoli, L., Iaccarino, S., Krijgsman, W., Negri, A. y Villa, G. 2000. Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *Earth Planet. Sciences Letter*, 182: 237-251.
- Hilgen, F. J., Abdul Aziz, H., Bice, D., Iaccarino, S., Krijgsman, W., Kuiper, K., Montanari, A., Raffi, I., Turco, E. y Zachariasse, W. J. 2005. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Tortonian Stage (Upper Miocene) at Monte dei Corvi. *Episodes*, 28 (1): 6-17.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. y Vail, P. R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science*, 235: 1156-1167.
- Jiménez, A. P., Braga, J. C. y Martin, J. M. 1991. Oyster distribution in the upper Tortonian of the Almanzora corridor (Almería, SE. Spain). *Geobios*, 24: 725-734.
- Krijgsman, F. J., Hilgen, C. G., Langereis, W. J. y Zachariasse, J. 1994. The age of the Tortonian/Messinian boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, 121, (3-4): 533-547.
- Krijgsman, W., Hilgen, F. J., Raffi, I., Sierro, F. J. y Wilson, D. S. 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian Salinity Crisis. *Nature*, 400: 652-655.
- Mankiewicz, C. 1988. Occurrence and paleoecologic significance of *Halimeda* in late Miocene reefs, southeastern Spain. *Coral reef*, 6 (3-4): 271-279.
- Martín, J. M., Braga, J.C. y Sánchez-Almanzo, I. 1999. The Messinian record of the outcropping marginal Alborán basin deposits: significance and implications. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 161: 543-551.
- Martínez del Olmo, W. 2012. El arrecife Messiniense del sondeo Torrevieja Marino C-1 desde las líneas sísmicas (SE de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 24 (3-4): 173-185.
- Mas, G. 2015. *El registre estratigràfic del Messinià Terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània*. Tesis Doctoral, UIB, 432pp.



- Mas, G. y Fornós, J. J. 2012. La Crisis de Salinidad del Messiniense en la cuenca sedimentaria de Palma (Mallorca, Islas Baleares). *Geogaceta*, 52: 57-60.
- Mateu, G. 1982. El Neógeno-Pleistoceno de Mallorca: biocronoestratigrafía y paleoceanografía en base a los foraminíferos planctónicos. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 26: 75-133.
- Mateu Vicens, G. 2007. *Paleoecological and sedimentological analysis of Neogene carbonate platforms in the Western Mediterranean*. Doctoral Thesis, UIB, 372 pp.
- Mein, P. y Adrover, R. 1982. Une faunule de mammifères insulaires dans le Miocène moyen de Majorca (Iles Baléares). *Geobios*, 6: 451-463.
- Montenat, C. 1990. Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne). *Documents et travaux, Paris*, 12-13: 392 pp.
- Morey, B. 2010. Primera aproximació al patrimoni paleontològic del terme de Porreres. *III Jornades d'Estudis Locals. Ajuntament de Porreres*, 12: 9-27.
- Morey, B. 2011. El Miopliocè i el Pliocuatnari en el litoral de Sa Ràpita (Campos, Mallorca, Mediterrània Occidental). *I Jornades d'Estudis Locals. Campos*, 26-38.
- Morey, B. 2013. La importància d'una catalogació i valoració de LIPs en el postectònic de Mallorca. *VI Jornades Medi Ambient, Societat Història Natural. Balears*, 80-84.
- Morey, B. 2016. Modelos geológicos en la catalogación, caracterización y valoración del patrimonio Paleontológico. El Mioceno postectónico de Mallorca. En Meléndez, G. Núñez, A. & Tomás, M. *Actas de las XXXII jornadas de la SEP. Publicaciones del IGME. Serie Cuadernos del Museo Geominero. Madrid*, 20: 225-233.
- Morey, B. 2018. El registro Messiniense de la isla de Mallorca (archipiélago Balear, Mediterráneo occidental). Revisión e interpretación. *Estudios Geológicos* 74. 2
- Morey, B. y Mas, G. 2009. Aproximació al Neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52: 99-123.
- Morey, B., Mas, G. y Ripoll, J. 2009. *El patrimoni Paleontològic de Palma (Mallorca, Balears). Catalogació, caracterització valoració. Propostes de gestió i conservació*. Premi Ciutat de Palma d'Investigació 2009, 253 pp.
- Morey, B. y Ripoll, J. 2009. *El patrimoni Paleontològic de Calvià (Mallorca, Balears). Catalogació, caracterització valoració. Propostes de gestió i conservació*. Premi Rei en Jaume d'Investigació 2009, 199 pp.
- Mourik, A. A. 2010. *The Middle Miocene climate transition in the central Mediterranean*. Geologica ultraiection. U. Utrecht, 326: 133 pp.
- Oswald, E. J. 1992. *Dolomitization of a Miocene reef complex, Mallorca, Spain*. Ph. D. Thesis, State University of New York at Stony Brook, 424 pp.
- Pomar, L. 1988. Upper Miocene reef complex of Mallorca, Balearic Islands, Spain. *Petroleum geologists. Abstracts*, 72 (2): 237.
- Pomar, L. 1991. Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38: 243-269.
- Pomar, L. 2012. The late Miocene Reef Complex, Mallorca. *XXVIII Jornades de la Sociedad Española de Paleontología, Valencia-Sóller*, 37.
- Pomar, L., Esteban, M., Calvet, F. y Barón, A. 1983. La Unidad Arrecifal del Mioceno superior de Mallorca. In: Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J. J. y Rodríguez Perea, A. (eds). *El Terciario de las Baleares. Guía de las Excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca*, 139-175.
- Pomar, L. y Ward, W. C. 1991. Características de la secuencia deposicional de alta frecuencia en el sistema arrecifal del Mioceno Superior de Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*, 76 (3-4): 181-199.
- Pomar, L. y Ward, W. C. 1994. Response of a late Miocene Mediterranean platform to high frequency eustasy. *Geology*, 22: 131-134.

- Rivas, P., Braga, J. y Sánchez-Almanzo, P. 1999. Arrecifes del Tortonense inferior de la Cuenca de Granada, Cordillera Bética, España. *Trabajos de Geología*, 21: 309-321.
- Robledo, P. A. 2005. *Los paleocolapsos cársticos de las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: modelo geográfico, geológico, genético y evolutivo*. Tesis Doctoral, UIB, 352 pp.
- Rodríguez-Perea, A. 1984. *El Mioceno de la Serra de Tramuntana. Estratigrafía, Sedimentología e implicaciones estructurales*. Tesis Doctoral. UB. 533 pp.
- Roselló, V.M. y Cuerda, J. 1973. Nota sobre el Plioceno y el Cuaternario del Banc d'Eivissa (Mallorca). *Cuadernos de Geografía, Universidad de Valencia*, 13: 5-13.
- Roveri, M., Manzi, V., Bassetti, M. A., Merini, M. y Ricci Lucci, F. 1998. Stratigraphy of the Messinian post-evaporitic stage in estern-Romagna (northern Apennines, Italy). *Giornale di Geologia*, 60: 119-142.
- Salvador, A. 1994. *International Stratigraphic Guide. A classification, terminology, and procedure International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS. Second edition*. Geological Society of America, 214 pp.
- Santisteban, C., Taberner, C. y Zamarreño, I. 1992. El arrecife Bía (Mioceno superior de la cuenca de Fortuna, Murcia). Bioconstrucción de *Tarbellastrea* sp. y *Porites* sp. compuesta de unidades menores. *Geogaceta*, 12: 109-110.
- Sierro, F. J., Flores, J. A., Civis, J., Delgado, J. A. G. y Frances, G. 1993. Late Miocene globorotaliid event-stratigraphy and biogeography in the Ne-Atlantic and Mediterranean. *Marine Micropaleontology*, 21: 143-168.
- Simó, A. y Ramon, X. 1986. Análisis sedimentológico y descripción de las secuencias deposicionales del Neógeno postorogénico de Mallorca. *Boletín Geológico Minero*, 97(4): 446-478.
- Soria, J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H. y Yébenes, A. 2007. La sedimentación de afinidad *Lago Mare* (Messiniense) y la transgresión del Plioceno en Alicante (Cuenca del Bajo Segura). *Geogaceta*, 41: 219-222.
- Soria J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H., Dinares-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J. E., Viseras, C. y Yébenes, A. 2008a. The Messinian-early Pliocene stratigraphic record in the southern Bajo Segura Basin (Betic Cordillera, Spain). Implications for the Mediterranean salinity crisis. *Sedimentary Geology*, 203: 267-288.
- Soria, J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H., Dinarés-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J. y Yébenes, A. 2008b. The Bajo-Segura Basin (SE Spain): implications for the Messinian Salinity Crisis in the Mediterranean margins. *Stratigraphy*, 5: 259-265.
- Tent-Manclús, J. E. 2003. *Estructura y estratigrafía de la sierras de Crevillent, Albaïlla y Algayal. Su relación con la Falla de Crevillente*. Tesis Doctoral, U. Alicante, 969 pp.
- Tent-Manclús, J. E., Soria, J. M., Estévez, A., Lancis, C., Caracuel, J. E., Dinarès-Turell, J. y Yébenes, A. 2008. The Tortonian salinity crisis in the Fortuna Basin (southeastern Spain): Stratigraphic record, tectonic scenario and chronostratigraphy. *C. R. Geoscience*, 340: 474-481.
- van Dam, J. A., Abdul Aziz, H., Álvarez Sierra, M. A., Hilgen, F. J., Hoeck Ostende, L. W. Van den Lourens, L. J., Mein, P., Meulen, A. J. y Peláez-Campomanes, P. 2006. Long-period astronomical forcing of mammal turnover. *Nature*, 443: 687-691.

# Valoració de l'estat de jaciments quaternaris litorals rere el pas de la borrasca *Glòria* al llevant de Mallorca (Illes Balears)

Damià VICENS, Guillem X. PONS, Pau BALAGUER i Laura DEL VALLE

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Vicens, D., Pons, G.X., Balaguer, P i del Valle, L. 2021. Valoració de l'estat de jaciments quaternaris litorals rere el pas de la borrasca *Glòria* al llevant de Mallorca (Illes Balears). *In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 239-260. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La borrasca *Glòria*, va ser anomenada per l'AEMET el divendres 17 de gener de 2020 a les 00:00 UTC (01:00 hlp) a causa de l'emissió d'avisos de nivell vermell i taronja per ratxes de vent, pluja, neu i fenòmens costaners a partir de la matinada de diumenge 19 de gener a gran part del nord i est peninsular, així com a les Balears. Al llarg del dia 20, la borrasca *Glòria* va ser absorbida per uns sistema depressiu de major grandària centrat al sud de la península Ibèrica i les Illes Balears. Els avisos de l'AEMET de fenòmens costaners de nivell vermell van afectar la major part dels litorals de les Balears, Catalunya i Comunitat Valenciana entre els dies 19 i 20, perllongant-se durant el 21 a Catalunya. A la resta de litorals de la Mediterrània es van emetre avisos de nivell taronja o groc. La borrasca generada, va repercutir a les Illes Balears amb un temporal de vent, pluja i a la mar. Els registres meteorològics inusuals i els danys causats sobretot al litoral del sud de Menorca i Llevant de Mallorca han donat fe de l'agressivitat de la mar quan les condicions són favorables. S'han visitat jaciments litorals del Pleistocè superior de Mallorca per tal d'avaluar els danys soferts rere el temporal.

**Paraules clau:** *Mallorca, borrasca Glòria, jaciments, Pleistocè superior, impactes.*

ASSESSMENT OF THE STATE OF COASTAL QUATERNARY SITES AFTER THE STORM GLORIA IN THE EAST OF MALLORCA (BALEARIC ISLANDS). The stormy event which started on Friday January 17th 2020 at 00:00 UTC (01:00 local time) was called Gloria by the AEMET (Spanish Meteorological Agency) due by the red and orange level warnings with strong wind gusts, snow and coastal stormy events. Since the early in the morning of January 19th these meteorological processes touched both the north and northeast side of Iberian Peninsula and Balearic Islands. During January 20th, Gloria storm was absorbed by a larger depressive system located over Alboran sea and southeast of Iberian Peninsula. Orange and red level warnings from AEMET reach the major part of the coasts of the Balearic Islands, Catalonia and Valencian Autonomous Community between 19th and 20th January and being persistent during 21th in Catalonia. At the same time orange and yellow level warnings were issued throughout the Mediterranean coasts. Gloria storm affected the Balearic Islands with strong winds, rain and storm surges in coastal areas. Meteorological data recorded were extraordinary which caused considerable damages to the Southern coasts of Menorca and Eastern coasts of Mallorca. Coastal deposits of the Upper Pleistocene of Mallorca have been visited and checked in order to asses the damage suffered after this storm event.

**Keywords:** *Majorca, Gloria storm, paleontological sites, Upper Pleistocene, impacts.*

*Damià VICENS i Guillem X. PONS, Universitat de les Illes Balears, carrer. Valldemossa s/n, departament de Geografia, i Societat d'Història Natural de les Ba-*

*lears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. 07011 Palma Email: [dvicens7@hotmail.com](mailto:dvicens7@hotmail.com) i [guillemx.pons@uib.es](mailto:guillemx.pons@uib.es); Pau BALAGUER i Laura DEL VALLE Societat d'Història Natural de les Balears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos 07011 Palma.*

## **Introducció**

L'estudi del Quaternari a Mallorca porta ja una llarga trajectòria, amb nombroses publicacions de diversos investigadors tant internacionals (Bate, 1909; Della Marmora, 1834; Haime, 1855; Hermite, 1879; Muhs *et al.*, 2010; Clemmensen *et al.*, 1997) com locals (Cuerda, 1962; 1975; Muntaner, 1957; Vicens, 2015, Fornós *et al.*, 2009; Pomar, 2016). Estudis enfocats majoritàriament al Quaternari litoral, més concretament del Pleistocè, tant de caire estratigràfic, morfològic com paleontològic, s'han dut a terme per la gran quantitat de dades que han facilitat aquests dipòsits per entendre millor els canvis climàtics ocorreguts en el passat, això com les oscil·lacions del nivell marí, migració de fauna, etc.

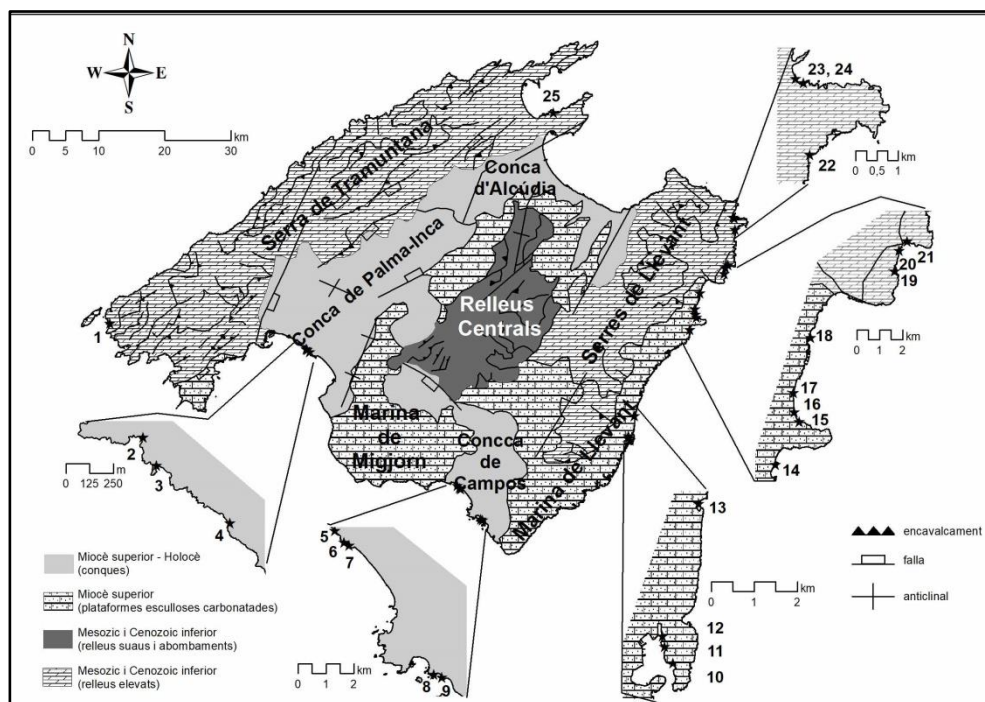
Un dels estudis transcendentals del Quaternari mallorquí foren els realitzats pels investigadors locals Andreu Muntaner i Joan Cuerda, amb la culminació dels seus estudis iniciats a finals dels anys 40 amb la publicació de dos excel·lents articles que sintetitzaven els treballs realitzats a la badia de Palma des del punt de vista estratigràfic (Muntaner, 1957) i paleontològic (Cuerda, 1957), tot coincidint amb la visita a Mallorca dels congressistes del V Congrés Internacional de l'INQUA (*International Quaternary Congress*). Que suposà un impuls de l'estudi del Quaternari per part d'autors nacionals i internacionals sobretot del Pleistocè de Mallorca (Ginés *et al.*, 2012). Els dipòsits quaternaris estan composts majoritàriament per la intercalació d'eolianites, dipòsits al·luvials-col·luvials, marins i/o paleosòls, tots aquests tenen un grau de cementació mitjà-baix, els quals es veuen constantment erosionats i afectats per les onades, vents, etc., i sobretot en moments de fortes tempestes, com ocorregué els dies 19 i 20 de gener, quan la borrasca anomenada *Glòria* afectar el litoral balear, sobretot a la part de llevant, on també destrossar passejos marítims i infraestructures turístiques situades prop de la mar. Davant la magnitud dels danys ocasionats es visitaren els jaciments del Pleistocè superior per observar i avaluar els possibles danys sobre els jaciments després del pas del temporal marítim.

## **Geomorfologia litoral dels jaciments estudiats**

Els jaciments paleontològics inventariats en aquest estudi es troben gairebé arreu de la costa de l'illa de Mallorca, a totes les vessants costaneres excepte de la vessant NW. Els jaciments es troben repartits a totes les unitats morfoestructurals que condicionen els relleus de Mallorca i per tant, també les seves àrees costaneres. D'aquesta manera els jaciments es troben en els relleus estructurats modelats per l'orogènia Alpina, a les conques post-orogèniques (interior de grans badies) i relleus tabulars post-orogènics. En tots els casos, excepte a les conques post-orogèniques, tots els jaciments són dipòsits adherits sobre els materials predominants que constitueixen cada una de les unitats de relleu, normalment disposats de manera discordant, i en alguns casos erosiva. Els jaciments dels àmbits dels relleus estructurats es localitzen a la Serra de Tramuntana (jaciments 1 i 25, Fig. 1) i a les Serres de Llevant (jaciments 19-24, Fig. 1). Els jaciments localitzats a les conques post-

orogèniques es troben a la Conca de Palma (Badia de Palma) (jaciments 2-4, Fig. 1) i a la Conca de Campos (Jaciments 5-9, Fig 1). Els jaciments de les Unitats Tabulars Post-Orogèniques del Miocè Superior són els més nombrosos i es localitzen a la Marina de Llevant (jaciments 10-18, Fig. 1).

Els materials corresponents al Quaternari ocupen al voltant del 21% de la línia de costa de l'illa de Mallorca (Balaguer *et al.*, 2019). A la Serra de Tramuntana els materials del Quaternari són més freqüents a les vessants NE i SW que és allà a on hi ha les majors entrants i ports naturals, aquests representen al voltant del 4,2% del total de les costes d'aquesta unitat. Pel que fa a la Unitat d'Alcúdia que és allà a on es troba el jaciment de la Platja de Sant Joan, la línia de costa constituïda pels materials del Quaternari són del voltant del 21%. (Balaguer, 2005). A les Serres de Llevant els materials del Quaternari es troben al voltant d'un 16% de la línia de costa, a les Marines de Migjorn i Llevant la línia de costa formada per materials del Quaternari són del voltant del 20%. Pel que fa a les costes rocoses de les conques post-orogèniques de Palma i de Campos les costes rocoses sense modificar per part de l'home, la major part són costes de perfil esglaonat d'altures inferiors als 3 m i ocupen el 14% i el 70% de la línia de costa respectivament.



**Fig. 1.** Mapa amb la ubicació dels jaciments analitzats.

**Fig. 1.** Map with the location of the analyzed sites.

## La borrasca *Glòria*

En aquest apartat s'han posat les dades aportades per l'AEMET (*Agencia Estatal de Meteorología*). Aquesta borrasca ha donat amb diferent intensitat quatre tipus de fenòmens meteorològics que són els de precipitació, nevades, ratxes de vent i onatge. Els valors més excepcionals s'han donat a precipitacions en forma d'aigua o neu, temperatures mínimes i alçada d'onades. Quant a ratxes de vent no es pot considerar especialment adversa.

S'han omès les dades dels valors màxims de ratxes de vent registrades entre els dies 19 i 20, que corresponen amb l'existència pròpiament de la borrasca *Glòria*, a l'Estat Espanyol a excepció de les de les Illes Balears. S'ha procedit de la mateixa manera amb els valors màxims en 24 hores de precipitacions. No se comenta res de les nevades ja que aquestes no varen afectar les Balears.

### *Formació i evolució posterior de la borrasca Glòria segons l'AEMET*

Al llarg del divendres 17 de gener de 2020 un vòrtex en nivells alts situat a l'Atlàntic nord (Fig. 2), pròxim a Terranova a primeres hores, es va desplaçar ràpidament en direcció a Europa, al temps que es generava una baixa en superfície. Al migdia del 18 el vòrtex i la baixa es trobaven al nord-oest de la península Ibèrica. Durant la tarda del dia 18 de gener i primeres hores del 19 la van recórrer en direcció SE, arribant a la Mediterrània. En aquest moment, a el passar a sotavent de la península Ibèrica, la baixa en superfície es va aprofundir lleugerament convertint-se en la borrasca *Glòria*, que al migdia del 19 tenia el seu centre entre Eivissa i el cap de la Nau. Durant els dies 19 i 20 de gener es quant el borrasca va començar a colpir amb intensitat les costes del llevant peninsular. Tot i que el valor de la pressió en aquest centre no era especialment baix, al voltant de 1011 hPa, el fet que es formés un potentíssim anticicló centrat al sud de la Gran Bretanya, amb un màxim històric de més de 1050 hPa, va fer que s'establís un fort gradient de pressió des del sud de França fins Balears. Aquest gradient provocar vents forts amb ratxes molt fortes i un onatge que va aconseguir valors rècord en aquesta zona de la Mediterrània, a més d'aportar gran quantitat d'humitat i precipitacions a les comarques litorals i a les Balears.

La borrasca *Glòria* va romandre en la posició descrita durant menys de 24 hores, ja que al llarg del dia 20 es va desplaçar en direcció sud-oest fins a ser absorbida per una baixa més gran centrada en aquest moment al mar d'Alboran i que abastava la meitat sud peninsular i la major part del Marroc. Malgrat aquesta atenuació de la borrasca, les tempestes i el fort vent continuarien ja que l'anticicló es localitzava en una posició més meridional al nord de la península Ibèrica i el corredor generat per l'anticicló (N) i baixa pressió (S) continuava actiu. Durant els dies 20 i 21 és quant la tempesta marina en el llevant tindria més intensitat, a la Fig. 2 es pot observar la proximitat de les isòbares a la meitat nord de Mallorca reflectint el fort gradient de vent de component E i NE que es va afectar al llevant de Mallorca. Aquesta baixa pressió de grans dimensions, que ja no era pròpiament *Glòria*, va persistir fins al dimecres 22, el mateix que el potent anticicló al nord de la península Ibèrica, el que va provocar que el temporal marítim del Llevant iniciat amb *Glòria* continuàs aportant grans quantitats de precipitació en les comunitats de la Mediterrània, que van ser de neu en cotes baixes, per sobre de 300 metres en alguns casos. Entre les províncies de Tarragona, Castelló de la Plana i Terol va arribar a acumular-se en alguns punts més d'un metre de neu nova.



De dijous 23 fins al dissabte 25 la borrasca que havia absorbit a *Glòria* va continuar molt activa, amb episodis convectius de gran intensitat, especialment a la província de Màlaga, on hi va haver una espectacular calamarsada el dia 23 i desbordaments de rius el 25. Durant el diumenge 26 la baixa es va desplaçar cap a l'est, en direcció a Itàlia, i va deixar de tenir activitat (AEMET 2020a, 2020b).

### ***Alguns dels principals impactes a Espanya (a partir de l'informe de l'AEMET)***

Segons dades de Protecció Civil i altres fonts, el nombre de morts que es poden associar a *Glòria* és de tretze, a més de tres desapareguts, la major part d'ells a la Mediterrània i entre els dies 20 i 21. Va haver-hi més talls a les xarxes de carreteres i ferrocarrils, de subministrament elèctric i telefònic, poblacions aïllades per la neu, desbordament de nombrosos rius i destrucció de passejos marítims i àmplies franges de litoral, especialment al Delta de l'Ebre, que va ser totalment inundat.

A les Illes Balears entre els valors màxims de ratxes de vent registrades entre els dies 19 i 20, que corresponen amb l'existència pròpiament de la borrasca *Glòria*, abans de ser absorbida per la de major grandària, destaca els 110 km/h registrat a l'estació de Capdepera, a les 19:21 h el dia 19. Tot i que durant els dies següents va continuar el temporal de l'est, els valors de ratxes de vent ja no van ser tan intensos.

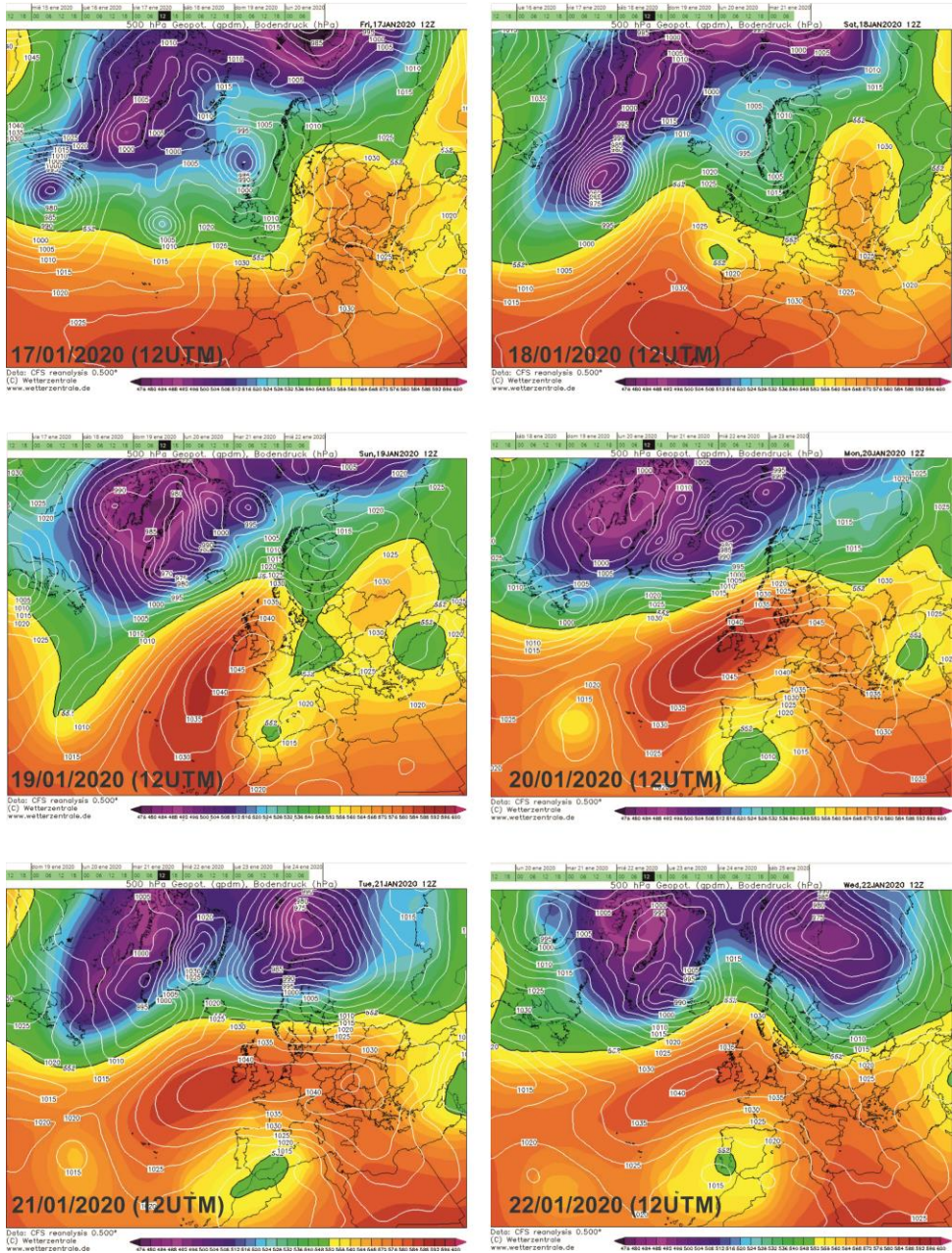
Les precipitacions van ser intenses i persistents a la Mediterrània durant tot l'episodi, arribant a acumular més de 400 mm en alguns punts de l'Estat Espanyol al llarg de la setmana. Com a valors màxims en 24 hores destaquen a les Illes Balears els 135,6 l/m a Portocolom el dia 19 i els 156,4 i/m a Escorca el dia 20. (AEMET 2020a, 2020b).

Una característica important d'aquesta borrasca destacada per l'anàlisi de detall realitzada per Amores *et al.* (2020) és que ha estat un temporal amb diferent tipus i grau d'impacte dependent de l'àmbit geogràfic amb inundacions a zones costaneres del llevant de la península Ibèrica i fort vent amb gran onatge a les Illes Balears. A l'illa de Mallorca la zona més afectada va ser el llevant, destrossant passejos marítims i infraestructures situades prop de la mar. Aquest ha estat el motiu per a visitar jaciments del Pleistocè superior i poder observar i avaluar els possibles danys sobre ells després del pas del temporal marítim.

La tempesta *Glòria* s'ha classificat com a una de les borrasques més rellevants a l'àmbit balear en quant màxims d'alçada significant d'onada ( $H_s$ ) comparable als episodis ocorreguts l'any 1967 ( $H_s=7,35$  m i període ( $T_p$ )=11,2 s.), 1980 ( $H_s=13,87$  i  $T_p= 14,86$ s) i 2001 ( $H_s= 10,44$  m i  $T_p=12,38$  s) (Amores *et al.*, 2020). La borrasca va afectar de manera important l'illa de Mallorca entre els dies 19 i 21 de gener de 2020 amb ratxes de vents de component de llevant de fins a 110 km/h i ones de fins a 14 metres d'altura a mar obert enregistrades a la boia oceanogràfica-meteorològica de Ports de l'Estat localitzada a l'Est del Port de Maó.

Pel que fa a l'onatge, segons *Puertos del Estado*, es va establir un rècord a l'enfrontar-se una alçada mitjana de 8,44 m a la boia de València, en mar obert, el dia 20 de gener, a les 06 UTC, polvoritzant l'anterior rècord d'altura establert en 6,45 metres assolits l'any 2017. D'altra banda, la boia de Maó va registrar una alçada màxima de 14,77 m el dia 21 a les 12 UTC. L'anterior rècord a aquesta boia era de 8,15 m mesurats al gener de 2003,

Amores *et al.* (2020) a l'anàlisi específica de la borrasca *Glòria* a Balears varen calcular altures d'onada properes a 9 m d'alçada a àrees costaneres del llevant de Mallorca. D'acord



**Fig. 2.** Sinòptica de la situació durant els dies del temporal Glòria. Mapes sinòptics extrets del servei de dades històriques i arxiu de *wetterzentrale*, <https://www.wetterzentrale.de/es/default.php>

**Fig. 2.** Synoptic maps during the days of the storm Glòria. Source from *wetterzentrale*, <https://www.wetterzentrale.de/es/default.php>

amb la comunicació personal dels tècnics de la divisió de monitorització de platges del Sistema d'Observació i Predicció Costaner de les Illes Balears (SOCIB) durant els dies 19 i 21 de gener es va enregistrar una altura d'onada significativa (Hs) màxima del voltant de 10 m en un instrument perfilador de corrents i onatge instal·lat en el fons de la Badia de cala Millor a 17 metres de profunditat a una distància inferior a 1 milla nàutica de la Platja de cala Millor. Aquesta dada indica la magnitud del temporal marí que va afectar de ple a tota la costa del Nord-Est i Llevant de Mallorca i també, però amb menor intensitat, les costes de la vessant SW. En quant a precipitacions cal destacar els 135 mm i 156 mm recollits a Portocolom (19 de gener) i a Escorca (20 de gener), respectivament.

## **Els jaciments litorals del Pleistocè a l'illa de Mallorca**

Com s'ha esmentat anteriorment, són nombrosos els naturalistes i científics que han fet una aportació al Quaternari de Mallorca; d'entre els quals cal destacar per la seva magnitud i detall de treball: Muntaner (1957), Cuerda (1975), Ginés *et al.* (2012) i Vicens (2015) on podem trobar informació referent als antecedents de l'estudi del Quaternari de Mallorca. Ara bé, l'inventari més recent dels jaciments quaternaris del litoral mallorquí és el de Vicens (2015). A on es presenten diferents tipologies de jaciments, així com de magnitud, dipòsits que van des de menys d'1 m<sup>2</sup> fins als 1000 m<sup>2</sup> o més. L'estratigrafia també pot ser molt diversa, tant verticalment com horitzontal, segons la zona d'estudi, així doncs, podem observar un jaciment amb una estratigrafia senzilla amb la presència d'un únic estrat, a una estratigrafia més complexa on s'observa la intercalació o la interferència de diversos estrats/dipòsits indicant els processos geomorfològics de la seva formació.

### ***Inventari dels jaciments***

El primer inventari dels jaciments quaternaris de la badia de Palma segons Vicens i Pons (2017) fou el de Muntaner (1957), on cita, localitza i descriu en detall una dotzena jaciments (dipòsits marins, col·luvials, al·luvials, èdics i paleosòls). Pocs anys després, Solé Sabarís (1962) situa sobre un mapa de Mallorca els jaciments del Pleistocè superior més significatius i els relacionar amb el llevant de la Península Ibèrica.

Cuerda (1975) publicà un complet monogràfic sobre el Quaternari de les Balears, on podem localitzar distints jaciments quaternaris litorals de Mallorca; d'entre els quals podríem diferenciar 8 jaciments del Pleistocè inferior, una desena del Pleistocè mitjà i 65 del Pleistocè superior marí. Pocs anys després, Pomar i Cuerda (1979) ampliaren el nombre a 70 jaciments del Pleistocè superior. Posteriorment, Cuerda (1987) al seu catàleg de mol·luscs del Pleistocè balear, situa a un mapa 75 jaciments atribuïts a aquesta mateixa edat.

Cal esperar dues dècades per a un nou inventari, aquest cop realitzat per Morey (2008a), donant com a resultat 113 localitats del Pleistocè superior, xifra que varia una mica segons Morey (2008b) o Morey i Cabanellas (2007-2008).

El darrer inventari fou realitzat a partir dels treballs precedents i de noves prospeccions, en el qual s'inventariaren un total de 292 jaciments litorals. D'aquests, 43 són del Pleistocè inferior-mitjà, 241 del Pleistocè superior i 8 de l'Holocè (Vicens, 2015). Cal tenir present que en aquests inventaris no hi ha jaciments d'origen càrstic, encara que es poden trobar al

litoral. Ara bé, cal ressaltar que la majoria dels jaciments es localitzen al litoral, i són vulnerables als temporals marins.

### ***Els jaciments del Pleistocè superior al litoral del llevant Mallorca***

Els jaciments pertanyents al Pleistocè superior descrits del Llevant de Mallorca, per part dels quaternaristes a partir de mitjans del segle XX, sobretot per Karl W. Butzer i Joan Cuerda (Butzer i Cuerda 1960; 1961; 1962), eren els localitzats des de la punta des Far (Capdepera) fins el cap Salines (Santanyí). Al 2015, Vicens (2015) els incrementa afegint tot el litoral nord d'Artà i de Capdepera, a més a més de la realització d'una descripció més detallada i exhaustiva la qual forma part de la seva tesi. Dintre d'aquesta, explica l'estratigrafia simple dels materials de la zona d'Artà i Capdepera, comparat amb la resta del litoral de Llevant, on s'observa una estratigrafia més complexa al llarg del litoral des de cap Salines, amb costes baixes predominantment arenoses, costes rocoses sobre materials quaternaris i penya-segats tallats al rocam Miocè (Balaguer, 2007).

Els jaciments que cal remarcar per la seva estratigrafia i dimensions són: s'Arenalet Albarca i Fontsalada (Vicens, 2012). En aquest sentit, els jaciments de cala Agulla, Canyamel, Punta Roja, s'Arenal de Son Servera, cala Nao, cala Murada, entre d'altres, són importants per al coneixement del Quaternari de Mallorca (Vicens, 2015). A més a més de dos jaciments, de petites dimensions, emperò amb fòssils que han donat noves cites al Pleistocè de les Illes Balears, com són el jaciment de sa Tanca de sa Torre II (Cuerda *et al.*, 1989-90) i el des Frontó des Molar (Vicens *et al.*, 1998). Matamales-Andreu (2019) realitza talls estratigràfics a s'Arenal de son Servera, i fa interessants observacions a partir d'aspectes tafonòmics dels fòssils. Aquest autor considera que el topònim més adient per l'arenal entre cala Millor (Son Servera) i cala Nao (Sant Llorenç), on nosaltres en aquest article hem utilitzat el de platja de Sant Llorenç per la seva ubicació dintre del municipi de Sant Llorenç, seria el de s'Arenal de son Servera, utilitzat per Butzer i Cuerda, (1961) i per Vicens (2015).

## **Metodologia**

En total s'han visitat 25 localitats de l'illa de Mallorca, característics per la presència de jaciments representatius del Pleistocè superior, localitzats majoritàriament a zones on el temporal marí conseqüència de la borrasca *Glòria* va tenir diferents graus de rellevància. Aquests jaciments són: els de cala Pudent, es Carnatge i son Mosson (Palma), el des Freu i cases de ses Covetes, el des Morters (Campos), la platja de Sant Joan (Alcúdia), es d'es Delfí i es Delfí-es Carbó (Ses Salines) i el de Sant Elm (Andratx). D'altra banda, s'han visitat jaciments on el temporal marí va ser extremadament virulent, aquest és el cas de jaciments situats al llevant de Mallorca, al municipis de Capdepera, Sant Llorenç, Son Servera, Manacor i Felanitx. En aquest sentit s'han valorat dels danys produïts als jaciments així com a les infraestructures properes (màxim de 50 m del jaciment, amb l'excepció de Sant Elm on hi ha més distància), a partir d'observacions de camp comparant-los amb l'inventari aportat per Vicens (2015) i l'arxiu fotogràfic d'aquest mateix, els quals inclouen la localització exacte i la detallada descripció de cada jaciment amb el corresponent registre faunístic en el cas de la seva existència al jaciment. Les dades resultants estan reflectides a la Taula 1.

Situació	Municipi	Jaciment	Coordenades	Danys infra	Imp jac	Data Visita	
Fora del Llevant	Alcúdia	P. Sant Joan	511642/4412842	N	0	25-01-2020	
		Ses Salines	Delfí-Carbó	500918/4351306	N	3	27-02-2020
			Es Delfí	500637/4351412	N	3	27-02-2020
	Campos	Es Freu	497603/4356018	0	3	31-01-2020	
		Ses Covetes	497430/4356124	0	0	31-01-2020	
		Es Morters	497091/4356540	0	3,4	31-01-2020	
	Palma	Son Mosson 2	474723/4376716	0	3	23-02-2020	
		Es Carnatge	474336/4377019	0	0	24-01-2020	
		Cala Pudent	474263/4377167	0	3	24-01-2020	
	Andratx	Sant Elm	444533/4381005	0●	3	08-03-2020	
Llevant mallorquí	Capdepera	Cala Agulla 1	539011/4396903	0	0	08-02-2020	
		Cala Agulla 2	538817/4397003	0	0	08-02-2020	
		Son Moll	539156/4395209	1	3	08-02-2020	
		Canyamel N	538036/4389842	1	3	08-02-2020	
		Canyamel S	537682/4389436	N	3,5	08-02-2020	
	Cala Roja	537480/4388530	2	0	08-02-2020		
	Son Servera	Punta Roja	533802/4385632	2	3,4,5	08-02-2020	
	Sant Llorenç	P. S. Llorenç 1	533061/4383218	2	0	08-02-2020	
		P. S. Llorenç 2♦	533082/4382364	0	3	27-02-2020	
		Cala Nao	533319/4381941	N	0	27-02-2020	
		Ses Tenasses	532257/4380067	0	3	08-02-2020	
	Manacor	Cala Murada	523865/4367082	2	3,4,5	08-02-2020	
	Felanitx	S'Arenal Gran	523265/4363386	2	3	19-02-2020	
		Es Babo	523076/4363765	0	0	19-02-2020	
		Es Rivetó	523027/4364012	0	3	19-02-2020	

**Taula 1.** Jaciments visitats després del temporal marítim associat a la borrasca *Glòria*, indicant les coordenades de situació, els danys ocasionats a les infraestructures properes, els impactes produïts al jaciment i la data de visita. S'han utilitzat les mateixes coordenades que a Vicens (2015), exceptuant el jaciment Delfí-Carbó i Canyamel S, degut a errades a l'obra citada; el jaciment de Ses Tenasses que és una localització més precisa; i el jaciment de la platja de Sant Llorenç 2 per ser un jaciment inèdit fins ara. (●): 400 m al NO si hi va haver danys a una infraestructura. (♦): jaciment inèdit fins ara. N: no hi ha infraestructures properes. 0: cap dany a infraestructures, cap dany a al jaciment. 1: danys a pasareles de fusta. 2: danys a solariums de formigó, passetjos marítics, infraestructures portuàries, etc. 3: rentat del jaciment. 4: danys a eolianites. 5: danys a un nivell de platja del Pleistocè.

**Table 1.** Paleontological sites visited after the maritime storm associated with storm *Gloria*, indicating location coordinates, damage to nearby infrastructure, impacts on the site and date of visit. The same coordinates have been used as in Vicens (2015), except for the Delfí-Carbó and Canyamel S site, due to errors in the cited work; the Ses Tenasses site, which is a more precise location; and the Sant Llorenç 2 beach site for being a hitherto unpublished site. (●): 400 m to the NW if there was damage to an infrastructure. (♦): hitherto unpublished site. N: No infrastructure nearby. 0: no damage to infrastructure, no damage to the site. 1: damage to wooden walkways. 2: damage to concrete solariums, promenades, port infrastructures, etc. 3: washing the site. 4: damage to eolianites. 5: Damage to a Pleistocene beach level.

Per als d'anys a les infraestructures s'han utilitzat els ítems següents: N, si no hi ha infraestructures properes; 0, si no s'han vist afectades; 1, si ha afectat a passarel·les de fusta; 2, si ha afectat a solàriums de formigó, passejos marítics, infraestructures portuàries, etc.

Per als jaciments, els ítems van des del "rentat", que és una eliminació total o parcial de

llims, arenes i graves soltes que hi ha per sobre d'un jaciment, sense excloure una lleugera erosió sobre els paleosòls, fins els danys a eolianites o danys a un nivell de platja. A la taula 1 s'han donat els nombres 3, 4 i 5 respectivament.

### ***Jaciments visitats no situats al llevant de Mallorca***

En primer lloc es van visitar dos dels jaciments més representatius de Mallorca (Fornós *et al.*, 2012), Cala Pudent i es Carnatge, situats a la Badia de Palma. Aquesta zona constitueix l'únic tram de la zona costera pertanyent al terme municipal de Palma que encara roman fora urbanitzar (Balaguer, 2012). No se va observar cap impacte que semblés recent a Cala Pudent, tot i que la zona superior de la platja quaternària i propera a la mar estava molt neta. En es Carnatge es va observar un petit bloc de mida decimètrica arrabassat, però pot ser degut a l'erosió del dia a dia. Prop del dos jaciments anteriors hi ha el jaciment de son Mosson en el que no es va observar cap efecte del temporal.

També es va visitar el jaciment de la platja de Sant Joan, a la Badia de Pollença i no se va observar cap evidència d'un efecte erosiu recent.

Als jaciments a la zona de ses Covetes, es varen observar resultats diferents de l'efecte del temporal segons on es troba el jaciment i de la presència o no d'acumulacions de *Posidonia oceanica*. Així en es Freu, s'ha observat un rentat superficial del jaciment i la caiguda d'algun troç de platja pleistocena, encara que no es pot assegurar que sigui degut a la borrasca *Glòria*. Al jaciment que hi ha davant el poble, sembla que la quantitat de *Posidonia oceanica* acumulada, ha actuat d'esmoreïdor dels efectes de la tempesta (Fig. 3) En es Morters, l'efecte ha estat de rentat i d'eliminació d'arena que cobreix l'estrat superior del jaciment. En alguna zona s'ha arrabassat algun fragment de l'eolianita basal.

A dos jaciments situats al litoral de ses Salines s'ha observat un efecte de rentat, tant al jaciment des Delfí com al jaciment des Delfí-es Carbó (Fig. 4).

El darrer jaciment visitat va ser un situat al SO de la serra de Tramuntana, el de Sant Elm. El jaciment no es va veure afectat en absolut, ara bé a uns 400 m al NO hi ha una infraestructura que es va veure greument afectada.

### ***Jaciments visitats en el llevant de Mallorca***

Als dos jaciments de Cala Agulla que es varen visitar no se va observar cap efecte. El jaciment que es troba enmig de la cala no se va poder observar per la presència d'arena.

A son Moll que hi ha un petit jaciment, es va observar un efecte de rentat.

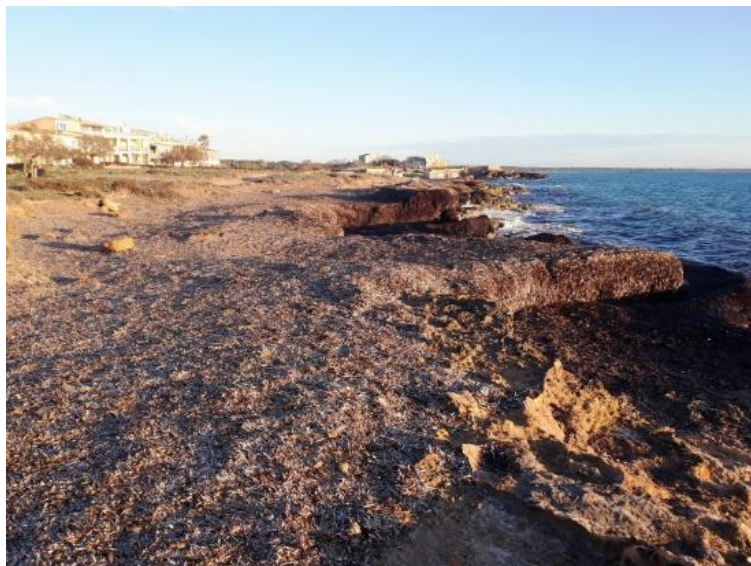
Al jaciment de Canyamel N (Fig. 5), el desbordament del torrent combinat amb el temporal de la mar, al llevar l'arena va fer que es poguessin observar taques de Quaternari que normalment no es poden observar (Fig. 6). Al jaciment de Canyamel S es va observar un efecte de rentat i la rompuda d'algun fragment de platja quaternària (Fig. 7).

A Cala Roja, encara que alguna infraestructura es va veure afectada, el jaciment constituït per taques petites pleistocenes no es va veure afectat.

A la Punta Roja es va observar que el temporal va arrabassar un fragment d'eolianita, i un fragment petit de platja pleistocena (Fig. 8 i 9). També es va produir un rentat a la zona N on hi ha llims d'origen fluvio-torrencial (Fig. 10). A la zona S del jaciment, es va produir un efecte de rentat i desplaçament del cúmul de *Posidonia oceanica*, per la qual cosa es varen poder observar l'estratigrafia d'aquest sector (Fig. 11) que en certa manera va



protegir el jaciment. Alguna zona del jaciment es troba bastant desmantellada, amb arrabassament de blocs, seria la zona que es troba més a llevant de la punta (Fig. 12).



**Fig. 3.** *Posidonia oceanica* sobre un jaciment del Pleistocè a Ses Covetes (Campos).

**Fig. 3.** *Posidonia oceanica* on a Pleistocene site in Ses Covetes (Campos).



**Fig. 4.** Jaciment des Delfí-es Carbó (Ses Salines). Efecte de rentat.

**Fig. 4.** Site des Delfí-es Carbó (Ses Salines). Washing effects.



**Fig. 5.** Banyalbufar (Capdepera). Foto Andreu Muntaner (1954).

**Fig. 5.** Banyalbufar (Capdepera). Photo Andreu Muntaner (1954).



**Fig. 6.** Quaternari exhumat de Banyalbufar N (Capdepera). **Fig. 7** (dreta). Platja fòssil exhumada de Banyalbufar S. amb trossos arrebastats



**Fig. 6.** Exhumed Quaternary of Banyalbufar N (Capdepera). **Fig. 7.** (right) Pleistocene beach exhumed from Banyalbufar S, with torn pieces.





**Figs. 8 i 9.** Punta Roja (Son Servera), amb fragments arrabassats d'eolianita i platja pleistocena.  
**Figs. 8 and 9.** Punta Roja (Son Servera), with snatched fragments of aeolianite and pleistocene beach.



**Figs. 10 i 11.** Efecte de rentat sobre llims d'origen fluvio-torrencial a la zona de Punta Roja (Son Servera).  
**Figs. 10 and 11.** Effect of washing on silt of fluvio-torrential origin in the area of Punta Roja (Son Servera).



**Fig. 12.** Punta Roja (Capdepera), zona desmantellada del Llevant.

**Fig. 12.** Punta Roja (Capdepera), dismantled area of the East.

A la platja de Sant Llorenç, també denominada s'Arenal de son Servera, no se va poder observar el jaciment que hi ha a la zona central, descrit a Vicens (2015), per la presència d'arena. A la zona Sud d'aquesta platja es va poder observar la desaparició de l'arena i l'aflocament de les colianites i paleosòls que hi havia per davall. També s'ha observat una taca de platja pleistocena a + 1 m snm, constituïda per arena grollera cimentada, i que malauradament, no s'ha pogut identificar cap fragment dels fòssils presents (Fig. 13). L'efecte del temporal ha estat un rentat intens i la treta de còdols i blocs; ara bé la utilització de maquinària pesant per deixar la platja per a ús turístic sembla que ha erosionat més que el propi temporal degut a la borrasca *Glòria* (Fig. 14 i 15). Ja a cala Nao s'ha observat un efecte de rentat, que no ha afectat per res el jaciment.

A la platja de s'Illot s'ha observat un redistribució de l'arena i un rentat de la zona N de la desembocadura del torrent de ca n'Amer. Uns 300 m al NE a un lloc denominat ses Tenasses (cala Morella a Vicens 2015) s'observa un rentat del jaciment (Fig. 16).

A cala Murada hi va haver destrucció parcial d'un passeig. El jaciment es va veure afectat a diferents punts (Figs. 17 i 18).

A la zona de Portocolom es va visitar el jaciment des Rivetó, s'Arenalet des Babo i s'Arenal Gran. En es Rivetó es va observar un efecte de rentat, emperò no va fer pràcticament res sobre el jaciment. A s'Arenal des Babo no s'ha observat res.





**Figs. 13 i 14.** Taca de platja pleistocena a la platja de Sant Llorenç (Sant Llorenç), observable per la retirada d'arena degut al temporal. **Fig. 14** (dreta). Utilització de maquinària pesada sobre paleosòls, a la platja de Sant Llorenç (Sant Llorenç).

**Figs. 13 and 14.** Pleistocene beach spot on the beach of Sant Llorenç (Sant Llorenç), observable due to the removal of sand due to the storm. **Fig. 14.** (right) Use of heavy machinery on paleo soils, on the beach of Sant Llorenç (Sant Llorenç).



**Figs. 15.** Rompudes a les eolianites de la platja de Sant Llorenç (Sant Llorenç), degut a la utilització de maquinària pesada.

**Fig. 15.** Broken eolianites from the beach of Sant Llorenç (Sant Llorenç), due to the use of heavy machinery.



**Fig. 16** Efecte de rentat a ses Tenasses (Son Servera).

**Fig. 16** Washing effect in Ses Tenasses (Son Servera).

A s'Arenal Gran el temporal va destruir parcialment una escalonada de formigó i el jaciment va sofrir un efecte de rentat.

Cal comentar la formació natural d'una platja en es Rivetó aquests dos darrers anys (Fig. 19). Segons Rodríguez-Perea (*in* Ruiz, 2020), la pròpia dinàmica marina és qui genera o destrueix les platges, ara bé els temporals dels darrers anys, com el de l'octubre del 2018 i el pas de la borrasca *Glòria*, han afavorit que la dinàmica s'acceleri.

## Discussió

Un temporal marítim com el de la borrasca *Glòria* fa mal bé infraestructures del litoral. Una de les destroces més grans va passar al passeig que uneix cala Rajada amb cala Gat,



**Figs. 17 i 18.** Rompudes a platges quaternàries de cala Murada (Manacor).  
*Fig. 17 and 18. Broken Quaternary beaches of Cala Murada (Manacor).*



**Fig. 19.** Formació natural d'una platja en es Rivetó (Felanitx) aquests dos darrers anys.  
*Fig. 19. Natural formation of a beach in Es Rivetó (Felanitx) for the last two years.*



aparegut a tots els medis de comunicació, i que ha generat tantes de controvèrsies a l'hora d'arreglar o no el passeig. Prop d'aquesta localitat, a la platja de Son Moll, només es varen veure afectades passarel·les de fusta situades a la part posterior de la platja, per la qual cosa l'amplitud d'aquest arenal va contribuir a la defensa de les infraestructures.

A la taula 1 queda reflectit amb quina magnitud varen quedar afectats una sèrie de jaciments tant del llevant mallorquí com d'altres indrets del litoral Mallorquí.

El més afectats al llevant varen ser el de Punta Roja i el de cala Murada, seguit de Canyamel S, ara bé a nivell volumètric, el percentatge d'afectació del jaciment és baix. La morfologia hidrodinàmica de la major part del jaciment de cala Murada i de Canyamel S, herència de tota l'erosió durant l'Holocè, no afavoreix la seva erosió.

En quan al jaciment de Punta Roja, es troba molt exposat a l'acció del temporals, afavorit per varis condicionants, la presència de paleosòls gairebé a nivell de la mar i de nivells relativament tous fluvio-torrencials que no presenta una bona disposició hidrodinàmica, i a més, l'aflorament està parcialment bastant desmantellat (Fig. 12). Referent a les infraestructures fetes malbé, properes al jaciments anterior, cal comentar, que a Punta Roja varen ser poc importants, però es va destruir part d'una paret seca antiga.

A cala Murada hi va haver importants danys a un passeig marítim (Fig. 20 i 21), inclòs es va poder veure una fita d'indicació zona marítimo-terrestre arrabassada i acumulada com un bloc més prop de la paret del passeig. Al jaciment hi va haver alguna rompuda al nivell de platja del MIS 5e (Fig. 17), al nivell considerat del MIS 5a (Fig. 18) i a l'eolianita propera considerada del MIS 5e.

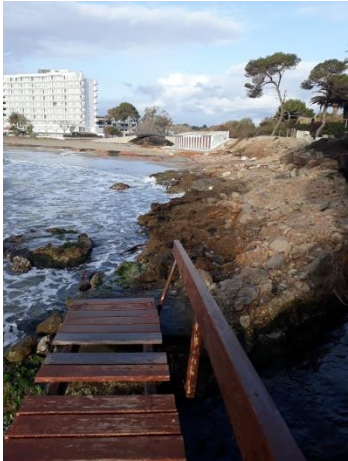


**Figs. 20 i 21.** Efectes del temporal *Glòria* sobre el passeig marítim de cala Murada (Manacor).  
**Figs. 20 and 21.** Effects of the storm *Gloria* on the promenade of Cala Murada (Manacor).

Al jaciment de Canyamel S l'efecte de rentat es pot observar sobretot als llims que hi ha per sobre de la platja pleistocena. Aquesta presenta alguna rompuda (Fig. 7). No hi ha infraestructures properes.

Els jaciments de Son Moll, Canyamel N, platja de Sant Llorenç 2, Ses Tenasses, s'Arenal Gran i es Rivetó varen sofrir un rentat. A son Moll hi va ver danys a passarel·les de fusta i a prop del jaciment de Canyamel N es va veure danyat un petit pont de fusta, a

més de què el vent va aixecar part d'una coberta d'uns vestidors per a bany (Fig. 22). Ara bé, a s'Arenal Gran, el jaciment va sofrir un efecte de rentat, emperò els escalons de formigó que hi havia es varen veure afectats (Fig. 23).



**Fig. 22** Passarel·la rompuda a Canyamel N (Capdepera). **Fig. 23.** (dreta). Solàrium romput a s'Arenal Gran (Felanitx).

*Fig. 22. Broken walkway in Canyamel N (Capdepera). Fig. 23. (right) Broken solarium in s'Arenal Gran (Felanitx).*



**Fig. 24.** Solàrium romput a cala Roja (Capdepera). **Fig. 25.** (dreta) Tros de paret rompuda a cala Millor (Son Servera).

*Fig. 24. Broken solarium in Cala Roja (Capdepera). Fig. 25. (right) Piece of broken wall in Cala Millor (Son Servera).*



A la Cala Roja i a la platja de Sant Llorenç 1 els jaciments no es varen veure afectats, el primer per ser restes de platja quaternària bastant cimentades, de dimensions reduïdes i estar més o manco protegida per on es troba, dels efectes de les ones, i el segon per estar cobert d'arena. No obstant, a ambdós hi va haver un certs d'anys a infraestructures properes (Figs. 24 i 25).

Dels jaciments llevantins visitats, en resten uns com són Cala Agulla 1, Cala Agulla 2, Cala Nao i es Babo, que no es varen veure en absolut afectats pel temporal, al igual que les infraestructures properes, si n'hi havia. Cala Agulla 1 es veu beneficiada per la situació, i per regla general les ones no li peguen de ple; el jaciment de Cala Agulla 2 estava tapat per arena; i els dos restants, el de Cala Nao i es Babo, la situació les beneficia, estant resguardats dels temporals.

En quan als jaciments visitats a la resta del litoral de Mallorca, comentar que alguns jaciments varen sofrir un rentat i alguns ni tan sols això. El més afectat va ser el des Morters, que es va rompre un fragment d'eolianita. El proper jaciment de ses Covetes que per la seva disposició podria haver sofert impactes, es va beneficiar de l'acumulació de *Posidonia oceanica* per sobre, la qual cosa el va protegir de l'efecte de les ones. El jaciment de Sant Elm, per la seva situació al mateix nivell de la mar i + 1 m, sempre està rentat pels efectes de les ones. A uns 400 m al NO d'aquest darrer jaciment es varen produir danys importants a unes infraestructures portuàries (Fig. 26).



**Fig. 26.** Moll de Sant Elm (Andratx) destruït després del temporal Glòria.

**Fig. 26.** Moll de Sant Elm (Andratx) destroyed after the storm Glòria.

Per a finalitzar, comentar que el temporal va generar rompudes al litoral rocallós, treta de blocs de la mar, caiguda de blocs a la mar i reorganització de l'arena d'alguna platja. Alguns jaciments es varen veure afectats, de forma molt lleugera. L'erosió que se va sumant del dia a dia és la que a la llarga afecta als jaciments.

La utilització de maquinària pesada pot erosionar més que els efectes d'un temporal marítim, és el cas de la platja de Sant Llorenç. El temporal se'n va endur arena, emperò sobre les eolianites i els paleosòls va fer un efecte de rentat, no així la maquinària pesada, què té un efecte erosiu important, tant a paleosòls, com a les eolianites.

## Agraïments

Aquest treball és una contribució del projecte: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.

## Bibliografia

- AEMET. 2020a. [http://www.aemet.es/ca/conocerlas/borrascas/2019-2020/estudios\\_e\\_impactos/Glòria](http://www.aemet.es/ca/conocerlas/borrascas/2019-2020/estudios_e_impactos/Glòria)
- AEMET. 2020b. [http://www.aemet.es/documentos/es/noticias/2020/20200127\\_informe\\_episodio\\_meteorologico\\_borrasca\\_Glòria.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/noticias/2020/20200127_informe_episodio_meteorologico_borrasca_Glòria.pdf)
- Amores, A., Marcos, M., Carrió, D.S. i Gómez-Pujol, Ll. 2020. Coastal impacts of Storm Glòria (January 2020) over the Northwestern Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. EGU, Open Access. Preprint. Discussion started: 25 March 2020. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-75>.
- Balaguer, P. 2005. *Tipus i evolució de les costes rocoses de Mallorca*. Ph.D. unpublished. Department of Geography of the University of the Balearic Islands, 373 p.
- Balaguer, P. 2007. Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca. In: Pons, G. X. i Vicens, D. (Eds.). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 14: 201-230.
- Balaguer, P. 2012. *Es Carnatge (Badia de Palma. Palma de Mallorca)*. Guia de camp de les VI Sortides Geogràfiques del Col·legi de Geògrafs / Societat Geogràfica de les Illes Balears. 67 pp.
- Balaguer, P., Pons, G.X. i Mir-Gual, M. 2019. The Rocky Coasts of Balearic Islands. (Chapter 6). In: J. A. Morales (Ed.): *The Spanish Coastal Systems*: Springer: 115-141. ISBN: 978-3-319-93168-5. ISBN: 978-3-319-93169-2 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93169-2>.
- Bate, D. M. A. 1909. Preliminary Note on a New Artiodactyle from Majorca, *Myotragus balearicus*, gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, dec. 5, vol. 6, 543: 385-390.
- Butzer, K. W. y Cuerda, J. 1960. Nota preliminar sobre la estratigrafia y la paleontologia del Cuaternario marino del Sur y S.E. de la isla de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 6: 9-29.
- Butzer, K. W. i Cuerda, J. 1961. Formaciones cuaternarias del litoral Este de Mallorca (Canyamel – Porto Cristo). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 7: 3-29.
- Butzer, K. W. y Cuerda, J. 1962. Coastal stratigraphy of Southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journal of Geology*, 70, 4: 398-416.
- Cuerda, J. 1957. Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 3: 3-76.

- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Balearics. Palma, 304 pp.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y Salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares " Sa Nostra ". Palma, 420 pp.
- Cuerda, J., Gracia, F. i Vicens, D. 1989-90. Nuevas citas malacológicas (Bivalvia y Gastropoda) del Pleistoceno marino balear. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 67-79.
- Fornós, J. J. Ginés, A. Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Gracia, F., Merino, A., Onac, B. P., Tuccimei, P. y Vicens, D. 2012b. Upper Pleistocene deposits and karst features in the littoral landscape of Mallorca Island (Western Mediterranean): a field trip. En: Ginés, A.; Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. & Fornós, J. J. (edit.). Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 18: 163-220.
- Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J. J., Bover, P., Gómez-Pujol, L., Gracia, F., Merino, A. y Vicens, D. 2012. An introduction to the Quaternary of Mallorca. En: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. y Fornós, J. J. (edit.). Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 18: 13-53.
- Haimé, J. 1855. Notice sur la géologie de l'île de Majorque. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 12: 734-752.
- Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les Iles Baleares*. Premier partie; Majorque et Minorque. 362 pp. Paris.
- <https://www.wetterzentrale.de/es/default.php>
- Marmora, della, A. 1834. Observations géologiques sur les deux Iles Baleares (Majorque et Minorque). *Memorie delle Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 38, 51 pp.
- Matamales-Andreu, R. 2019. Historical review together with stratigraphical and taphonomical considerations on the upper Pleistocene deposit of Arenal de son Servera (Mallorca, Balearic Islands). *Carnets Geol.*, 19 (14): 277-285.
- Morey, B. 2008a. El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes per a la gestió i conservació. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 51: 227-258.
- Morey, B. 2008b. *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. i Cabanellas M. 2007-2008. Los yacimientos del Pleistoceno marino mallorquin como puntos de control del litoral (estado en que se encuentran y factores que provocan su destruccion). *Territoris*, 7: 69-86.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Bol. Soc.Hist. Nat. Balears*, 3: 77-126.
- Pomar, L. i Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geol. Hisp.*, 14: 505- 514.
- Ruiz, A. 2020. Se forma una nueva playa natural en Portocolom. *Diario de Mallorca*, 29-03-2020.
- Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baleares et ses rapports avec les cotes méditerranéenes de la Peninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-342.
- 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. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears, 985 pp.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2017. Yacimientos del Cuaternario en el litoral de la isla de Mallorca (Illes Balears). In: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. y Rodríguez, A. (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 21: 87-93.

Vicens, D., Gràcia, F., McMin, M. i Cuerda, J. 1998. El Plistocè superior del Frontó des Molar (Manacor, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 41: 125-137.



# Els blocs de tsunamis de les costes rocoses de les Illes Balears

Francesc X. ROIG-MUNAR, José Á. MARTÍN-PRieto, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Bernadí GELABERT i Joan Manel VILAPLANA

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. i Vilaplana, J.M. 2021. Els blocs de tsunamis de les costes rocoses de les Illes Balears. In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 261-281. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La presència de blocs de grans dimensions a les costes rocoses de les Illes Balears es relaciona amb els efectes dels tsunamis que des del Nord d'Àfrica afecten a les Balears. Molts dels blocs ubicats sobre les costes rocoses meridionals de les Balears, i amb unes característiques geomorfològiques concretes, corresponen a dipòsits de tsunami, tot i que l'ample mostreig realitzat a Balears permet l'estudi simultani de fenòmens de tempesta i de tsunami. Els resultats ens mostren àrees ubicades sobre penya-segats verticals amb presència de grans blocs imbricats i amb morfologies de cordons on no hi arriben els onatges de tempesta, configurant-se com a àrees eminentment tsunamítiques i on les orientacions dominants indiquen el N d'Àfrica.

**Paraules clau:** *Illes Balears, costa rocosa, blocs, tsunami, tempestes.*

THE TSUNAMI BLOCKS OF THE ROCKY COASTS OF THE BALEARIC ISLANDS. The presence of boulders of large dimensions at the rocky costs of the Balearic Islands is related to the effects of the tsunamis that affect the Balearic Islands from North Africa. Many boulders located on the southern rocky coasts of the Balearic Islands, with specific geomorphological characteristics, correspond to tsunami deposits, although the wide sampling made in the Balearic Islands allows for the simultaneous study of storm and tsunami phenomena. The results show areas located on vertical cliffs, with the presence of large imbricated boulders with ridge morphologies where storm surges do not reach, configuring themselves as eminently tsunamitic areas, and where dominant directions indicate north Africa.

**Keywords:** *Balearic Islands, rocky coast, blocks, tsunami, storms.*

Francesc X. ROIG-MUNAR, *Consultor ambiental en QUATRE, investigador independent. C/ Carritxaret 18-6, es Migjorn Gran, 07749 Menorca, [xiscoroig@gmail.com](mailto:xiscoroig@gmail.com).* José Á. MARTÍN-PRieto i Antonio RODRÍGUEZ-PEREA. *Dpto. de Geografia, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa, km 7,5, Palma de Mallorca.* Bernadí GELABERT. *Dpto. de Biología, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa, km 7,5, Palma de Mallorca.* Joan Manel VILAPLANA. *Dpto. de Dinámica de la Tierra y del Océano, Grupo RISKMAT, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès, s/n, 08028 Barcelona*

## Introducció

### ***Antecedents a l'estudi de blocs a les Illes Balears***

La presència de blocs de tsunamis a les costes rocoses ha estat un tema recent en la producció científica, tot i que Cuerda *et al.* (1991) i Gracia i Vicens (1998) ja citaven la

presència de grans blocs associats a l'erosió marina a les plataformes marines de les costes de Mallorca. El seu origen tsunamític ha estat tractat per Bartel i Kelletat (2003), Scheffers i Kelletat (2003) i Kelletat *et al.* (2005) a algunes àrees de Mallorca. Aquests autors relacionen els grans blocs sobre plataformes carbonatades a processos mixtes d'onatge i tsunamis, establint equacions per discernir els blocs desplaçats per uns fenòmens dels altres. Posteriorment Femenias (2007) realitzà una anàlisi de blocs de grans dimensions del Cap Salines, Sud de Mallorca, amb l'aplicació de diferents equacions, arribant a la conclusió que eren blocs fruit de tsunamis. Corrales (2015) analitzà, seguint les propostes de Femenias (2007), la possible presència de blocs a la zona submergida de Cap Salines, detectant també blocs de grans dimensions amb l'escaneig batimètric. Gómez-Pujol i Roig-Munar (2013) realitzaren una primera aproximació de l'origen dels blocs a la costa Sud de Menorca, atribuint-lo a processos d'onatges. Posteriorment, Roig-Munar *et al.* (2013; 2014; 2015) realitzaren estudis sobre els grans blocs de les costes de Menorca i Mallorca, que van ampliar a la resta de les Illes Balears, aplicant diferents equacions per tal de distingir entre els blocs associats a tempestes i tsunamis. També analitzaren la relació d'aquests darrers amb les trajectòries de tsunamis provinents del Nord d'Àfrica (Roig-Munar, 2016). Roig-Munar *et al.* (2017a) i Martín-Prieto *et al.* (2018) realitzaren anàlisis morfològiques de blocs associats a tempestes d'incidència directa a Menorca i Mallorca per valorar el seu efecte sobre les costes rocoses amb presència de blocs. Recentment, Roig-Munar *et al.* (2018, 2019a; 2019b) analitzaren les hipòtesis hidrodinàmiques dels blocs aplicant-lis equacions, una més acurada estimació dels volums de blocs i l'alçada dels penya-segats per tal d'establir millor el seu *run-up*.

### **Context geològic i fisiogràfic**

La conca mediterrània es caracteritza per una tectònica molt complexa que es pot descriure en el marc de la col·lisió entre les plaques euroasiàtica i africana (Henares *et al.*, 2003). Les característiques generals d'aquesta situació, en un marc geotectònic compressiu, cobreixen tots els fenòmens, sísmic, volcànic i/o gravitacional, que podrien generar un tsunami (Marone *et al.*, 2004).

### **Sismicitat i activitat de tsunamis al Mediterrani**

La sismicitat històrica i instrumental indiquen que el Nord d'Algèria està exposada a perills i riscos sísmics rellevants (Harbi *et al.*, 2003). L'esdeveniment més gran, entre els més recents registrats, és el terratrèmol de Asnam, del 10 d'octubre de 1980, amb una magnitud de 7,3, i l'últim va ser el de Zemmouri del 21 de maig de 2003, amb una magnitud de 6,9. Aquest darrer va generar un tsunami que es va observar a Algèria, a les Balears, a la Península Ibèrica, i va arribar fins les costes de França i Itàlia. A les Illes Balears les ones màximes registrades foren de 3 m, i els danys materials foren importants a alguns ports de Menorca, Mallorca i Eivissa. Les simulacions d'aquest tsunami foren realitzades per diversos autors (Hébert i Alasset, 2003; Alasset *et al.*, 2006) i la conclusió general d'aquests estudis és que el terratrèmol va ser generat per una falla inversa localitzada dins del mar al nord d'Àfrica, donant lloc a una deformació significativa del fons marí, responsable del tsunami.

### **Propagació de tsunamis a traves de la Mediterrània**

Tinti *et al.* (2005) estableixen un escenari tsunamític al nord d'Algèria on la font del terratrèmol no està completament situat en alta mar sinó més freqüentment a la plataforma continental, i on una part de la deformació afecta el fons, i per tant disponible per a la generació de tsunamis. La ona del tsunami impacta, en primer lloc, a les Illes Balears i, a causa de la morfologia de la conca, els fronts principals de tsunamis s'allarguen més o menys en direcció nord. Hi ha, per tant, una direcció preferencial de propagació de l'energia des de la regió d'origen, al N d'Algèria, cap a les Illes Balears i, per tant, el tsunami del 21 maig 2003 produí efectes catastròfics importants especialment sobre les costes de Mallorca i Menorca (Hebert i Alasset, 2003).

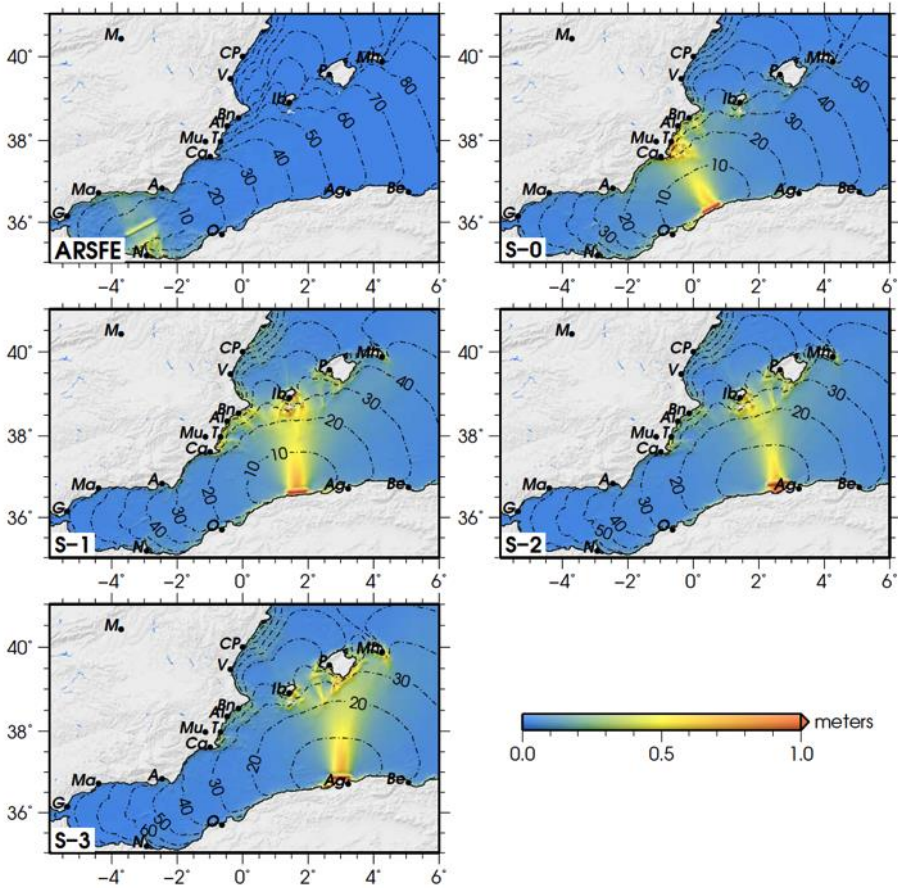
Durant els darrers segles les Illes Balears s'han vist afectades per l'ocurrència d'altres tsunamis originats al llarg de la costa del N d'Àfrica, principalment a la costa algeriana (Martínez-Solares, 2001). Almenys quatre esdeveniments han estat catalogats als anys 1756, 1856, 1980 i 2003. Hi ha poca informació sobre el primer esdeveniment, i tot i que la fiabilitat de la font és baixa (Martínez-Solares i Mezcuca-Rodríguez, 2002), hem de fer esment a les fonts de Fontseré (1918) que recull per l'any 1756 una ona sísmica amb entrada d'uns 2,4 km terra endins al municipi de Santanyí (Mallorca) i el transport de blocs de més de 10 T. Per l'esdeveniment de 1856 la informació sobre els danys es refereix principalment a la costa algeriana, a la zona de Jijel i Bugia i que va a afectar principalment a la costa est de Menorca. El 1980 els mareògrafs de les Illes Balears registraren variacions en l'amplitud d'ona conseqüència del terratrèmol d'Asnam de magnitud 7.3 i amb epicentre a 30-40 km terra endins des de la costa (Ouyed *et al.* 1981).

### **Modelització de tsunamis que afecten les Illes Balears**

Segons les modelitzacions de Tinti *et al.* (2005) a la regió mediterrània, els tsunamis generats pels terratrèmols s'espera que presentin longituds d'ona entre 5 i 20 km, mentre que les màximes profunditats d'aigua són de l'ordre de 3 km (Wang i Liu, 2005). Aquestes modelitzacions numèriques han estat aplicades sobre la base de l'estudi de diferents events i del seu impacte (Hébert i Alasset 2003; Wang i Liu 2005; Alasset *et al.*, 2006). Roger i Hebert (2008) també realitzaren la modelització del tsunami de 1856 i la seva propagació cap a les Illes Balears. Els primers resultats mostraren que la propagació d'aquest tsunami s'orientà cap al S de França i cap a les Balears, principalment al llarg de la costa E de Mallorca i del SE de Menorca, amb exclusió d'Eivissa i Formentera.

Pel que fa al terratrèmol de Boumerdès-Zemmouri, del 21 de maig de 2003, i que afectà la costa de les Illes Balears, s'han suggerit diversos mecanismes de generació, segons els diferents paràmetres de la font tsunamítica. Álvarez *et al.* (2011) realitzaren una modelització més general (Fig. 1) dels possibles tsunamis generats per fonts properes a la península Ibèrica i a les Illes Balears; prèviament havien modelitzat el cas de Mallorca (Álvarez *et al.*, 2010).

Els resultats obtinguts amb les modelitzacions mostren mapes d'elevació màxima d'ona i de temps de viatge de tsunamis (Fig. 1). Aquestes modelitzacions es presenten generant un mapa per cada una de les nou fonts tsunamítiques definides per Álvarez *et al.* (2011). En el cas de les fonts situades a l'oest d'Alger, aquestes afecten principalment a les illes d'Eivissa i Formentera. La font S-0 pot generar una ona màxima d'elevacions de poc més de 0,5 m a la costa de Formentera, mentre que la font S-1 produeix elevacions màximes d'1 m a Eivis-



**Fig. 1.** Mapes regionals d'elevació màxima d'ona de la font tsunàmica del mar d'Alborán i per les diverses fonts nord-algerianes. La variació de color indica l'elevació màxima de l'ona. Les línies de punts són els fronts d'ona en diferents intervals de temps des de la generació del tsunami, en minuts. Font Álvarez *et al.* (2011).

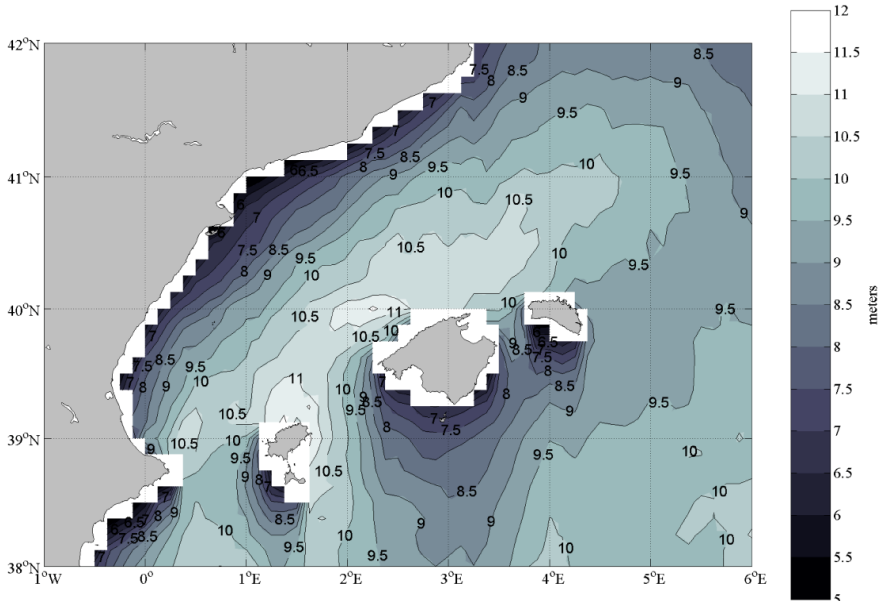
*Fig. 1.* Regional maps of maximum wave elevation for tsunamitic sources of the Alborán Sea and North Algeria shelf. The color variation indicates the maximum elevation of the wave. The dotted lines are the wave fronts at different time intervals since the tsunami generation, in minutes. Source Álvarez *et al.* (2011).

sa i Formentera. La font S-2 afecta al SE de les Pitiüses i al SW de Mallorca, mentre que la S-3 es la que impacta més directament el Sud de Mallorca. El tsunami que viatja des de la font S-1 triga uns 25 minuts, de S-2 tarda uns 30 minuts i des del S-3 entorn 35 minuts en arribar a les Illes. A Formentera, que és la més propera de les Illes Balears a la costa d'Algèria, el tsunami generat per aquestes fonts arriba en menys de 30 minuts, mentre que el temps fins arribar a Menorca, l'illa més remota, és d'aproximadament 40 a 50 minuts. Aquestes estimacions de temps coincideixen amb els models d'estimacions de temps

d'arribada d'ona elaborats per Sahal *et al.* (2009) i Roger i Hebert (2008). Val a dir que aquests valor d'elevació de les onades es calculen a mar obert i que en arribar als penya-segats se produeixen sobre-elevacions o *run-ups* que multipliquen, en funció de la longitud d'ona, varies vegades l'elevació a mar obert.

**Règim onatge estimat per a les Balears**

La conca de la Mediterrània presenta un clima marítim moderat, amb valors màxims d'alçada d'ona en els darrers 50 anys propers als 10-11 m durant els mesos d'hivern. Cañelles *et al.* (2007) realitzaren una estimació de la variabilitat espacial de la recurrència de 50 anys pel període d'alçada d'ona significativa del mar Balear i de les costes catalanes. Cañelles (2010) definí l'onatge de Balears utilitzant diferents eines de mesura com les boies d'aigües profundes, que proporcionen paràmetres de l'onatge i del vent en temps real, i els comparà amb les dades de boies HIPOCAS (Hindcast of Dynamic Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe). Cañelles *et al.* (2007) i Cañelles (2010) analitzaren l'estimació de les alçades d'ones al mar Balear. D'acord amb aquest model es poden intuir tres zones d'incidència de l'onatge diferenciades que són el SE de les illes de Mallorca i Menorca, el N o NW de les Balears, i el SW de les Pitiüses. Els resultats obtinguts en els darrers 50 anys de període de retorn d'ona significativa són al voltant de 11 m d'alçada al quadrant N de les Illes Balears, mentre que a la part S estan a menys de 8 m (Figura 2). Aquest és el resultat de l'efecte d'ombra que les Illes produeixen sobre les tempestes de component Nord.



**Fig. 2.** Distribució espacial de l'alçada d'ona significativa dels darrers 50 anys de registre. Font: Cañelles (2010).

**Fig. 2.** Spatial distribution of the significant wave height of the last 50 years of registration. Source: Cañelles (2010).

### Dipòsits de blocs sobre costes rocoses

Els sistemes de costa rocosa són sensibles als esdeveniments d'alta energia. Les acumulacions de blocs que, de vegades, es troben sobre els penya-segats representen un tipus de sediment amb característiques distintives del seu transport per tempestes de gran energia i per tsunamis (Cox *et al.*, 2018; Martín-Prieto *et al.*, 2018). Molts dipòsits de blocs poden tenir un origen poligènic associat tant a tempestes severes, com a tsunamis (Hall, 2011). No obstant, la distinció entre els blocs de tsunami i els dipòsits d'onatge es basa en un conjunt de criteris sedimentològics, morfològics, cronològics, estratigràfics i d'organització que els diferencia de la resta de dipòsits. Treballs recents indiquen que la mida dels blocs es pot utilitzar per estimar l'energia de les ones de tempesta i/o tsunamis necessàries per moure aquests blocs (Goto *et al.*, 2011).

### Metodologia

Les eines d'ús comú en els estudis de blocs són: la caracterització, localització i cartografia de la seva distribució espacial, l'estimació de la mida dels blocs, del seu volum i del seu pes, mitjançant el mesurament dels seus eixos, la descripció de l'àmbit geoambiental de les àrees analitzades, i l'anàlisi del transport dels blocs mitjançant equacions matemàtiques per determinar els processos hidrodinàmics necessaris per l'arrabassament i el transport dels blocs.

La metodologia utilitzada en aquest estudi, ha consistit en la mesura i observació de diferents paràmetres a cadascuna de les àrees analitzades. S'han seguit les següents fases:

1.- Caracterització morfomètrica de blocs. De cada bloc s'han obtingut els valors d'eix llarg (A), d'eix intermedi (B) i de l'eix curt (C). Per tal de determinar un volum més acurat, s'han aplicat els resultats de comparar el volum resultant de la multiplicació dels tres eixos amb el volum resultat de la triangulació de blocs que ens proporciona un volum més aproximat al real. Per això, s'ha reduït un 38% el producte dels seus eixos, ajustant-se en major mesura, a la realitat del bloc (Roig-Munar *et al.*, 2015).

2.- De cada bloc, s'han obtingut la seva orientació i el seu cabussament, així com la seva cota i la distància a la línia de costa, prenent com a referència el centre del bloc.

3.- S'ha realitzat el càlcul de les densitats de 4 blocs ubicats a tres àrees d'estudi, d'acord amb les litologies presents a cada àrea.

4.- S'ha analitzat la disposició sedimentària dels blocs registrant la presència de blocs aïllats, grups de blocs imbricats, cordons de blocs imbricats i/o presència de blocs recentment arrabassats o marques d'impactes recents associades a tempestes. També s'han realitzat observacions respecte l'estratificació de la zona i la relació dels blocs amb l'àrea font, la presència de fractures que poden afavorir l'arrabassament dels blocs exposats i la presència de blocs amb incrustacions de fauna marina endolítica, que ens indiquen la situació del bloc abans del seu desplaçament.

5- També s'ha comprovat la presència de morfologies pre-deposicionals i post-deposicionals com *notch* i/o cocons, com indicadors de la posició inicial i final dels blocs, així com de les superfícies d'abració corresponents als blocs desmantellats.

6- Finalment, s'ha utilitzat la fórmula de Scheffers i Kelletat (2003) denominada



*Transport Figure* (TF): es tracta d'una equació simple que consisteix en la multiplicació del pes del bloc (P) en tones, per la distància on es troba des de la cornisa del penya-segat (D) en metres, i per l'altura del bloc sobre el nivell del mar (H) en metres. És una bona aproximació a l'energia necessària pel transport dels blocs; segons els seus creadors i en el cas de Mallorca, els valors superiors a 250 de *Transport Figure* (TF) es consideren blocs transportats per tsunamis (Scheffers i Kelletat, 2003).

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

Aquesta fórmula simplifica les formulacions hidrodinàmiques, els llinars i les condicions per discernir l'ona de tempesta de l'ona de tsunami. Es tracta d'una aproximació a l'energia necessària pel transport de cada bloc. També ha estat utilitzat per Keating (2000) i Keating *et al.* (2011) en la comparació de diferents blocs al llarg de la costa del Marroc i Hawai, i per Roig-Munar *et al.* (2014, 2015) en el estudi de blocs a les Illes Balears. La simplicitat de l'equació podria ser millorada amb diferents factors adaptats a cadascuna de les àrees de mostreig, donant una visió més global a les equacions aplicades de Nott (2003 a i b).

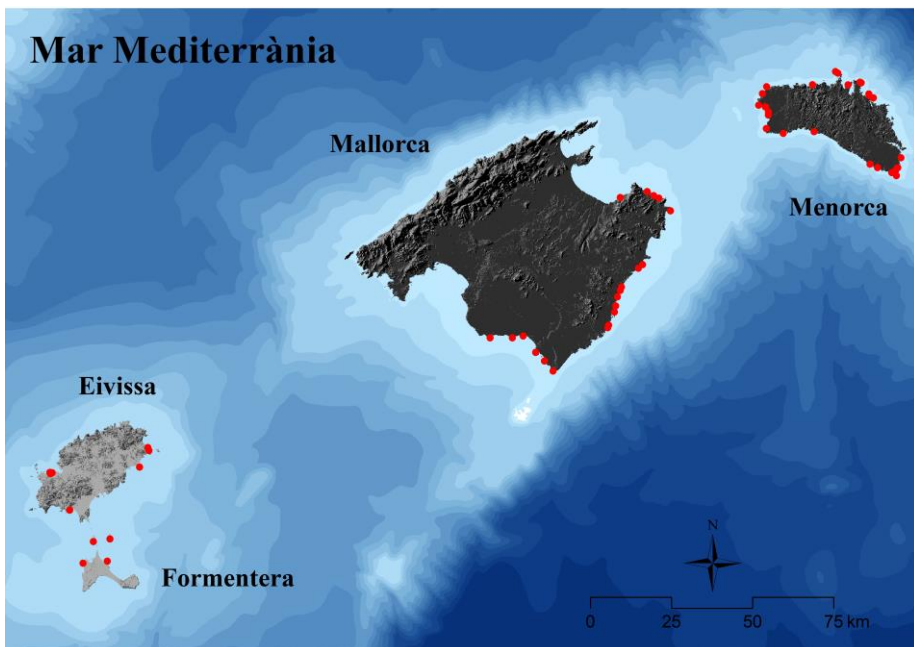
7.- Les morfologies càrstiques de dissolució post-deposicionals ubicades sobre blocs han estat utilitzades per a la datació del seu desplaçament. En efecte, la datació de les morfologies de cocons sobre blocs (Figura 3.7) és una eina de datació indirecta dels fenòmens que han donat lloc a la deposició d'aquests blocs arrabassats o traslladats del seu estat o posició originària (Roig-Munar *et al.*, 2014). En aquest cas, i en gran part degut a la manca de restes de fauna marina associada a blocs, s'ha optat per obrir una nova línia en l'estimació de l'edat, mitjançant el càlcul de les taxes de dissolució càrstica dels cocons post-deposicionals ubicats sobre els blocs.

Les dades de dissolució obtingudes per Gómez-Pujol (2006) presenten una graduació de les taxes d'erosió de mar a terra; per a la zona d'onatge les taxes varen ser de 0,30 mm/a, per a la zona d'esquitxos litorals de 0,68 mm/a, i finalment a la zona de ruixim les taxes es reduïren de 0,30 mm/a a 0,40 mm/a. Posteriorment, Balaguer *et al.* (2013) analitzaren les taxes de dissolució en un període de 10 anys sobre materials carbonatats exposats i en posició vertical, analitzant parets de canteres que feia 10 anys havien estat tallades i abandonades. Les taxes obtingudes varen ser de 0,23 mm/a en morfologies exposades a l'onatge i el vent, mentre que a espais protegits les taxes eren de 1,76 mm/a. Aquestes dades entren dins els rangs de les obtingudes a altres localitats balears extrems de les mesures de profunditats màximes en elements de patrimoni històric (Gómez-Pujol *et al.*, 2002) o mitjançant exposicions de pastilles carbonatades sobre les roques (Gómez-Pujol i Fornós, 2004). Als efectes de datacions dels cocons post-deposicionals, en aquest treball, s'ha considerat una mitjana de 0,3 mm/any, amb un marge d'error entre 0,2 i 0,4 mm/any.

## Resultats

Al llarg de l'arxipèlag Balear (Fig. 3), s'han identificat i analitzat 57 àrees on es troben blocs de grans dimensions que permeten realitzar mesures morfomètriques per ser considerats potencialment com dipòsits de tsunamis. Analitzades per illes, destaca Menorca, amb 26 àrees; l'illa de Mallorca presenta 20 àrees d'estudi, mentre que Eivissa i

Formentera i els seus illots en tenen 7 i 4 respectivament. La majoria dels dipòsits se situen en les costes meridionals de les Illes i tan sols a Menorca i en menor nombre a Eivissa es troben blocs a les costes de Tramuntana. També cal esmentar que en diversos punts els blocs han estat utilitzats com elements de construcció i, per tant, resulten absents.



**Fig. 3.** Àrees d'estudi de blocs a les costes rocoses de les Illes Balears.

**Fig. 3.** *Boulders study areas on the rocky shores of the Balearic Islands.*

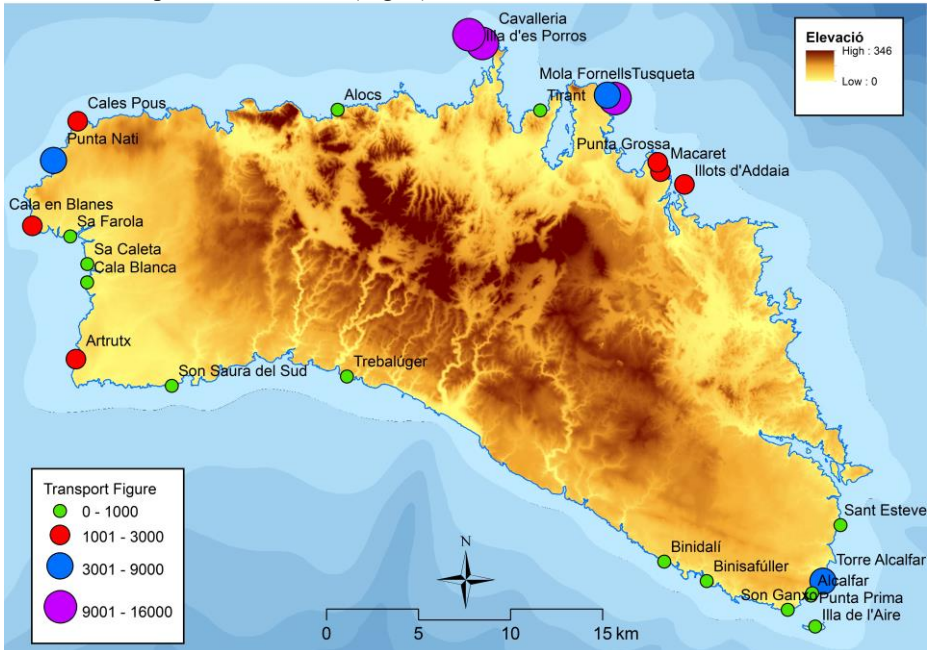
### **Menorca**

Més de 3000 grans blocs s'han analitzat a les plataformes costaneres de Menorca, en 26 zones d'estudi seleccionades (Fig. 4 i Taula 1). El pes, l'alçada sobre el nivell del mar i la distància del límit del penya-segat indiquen que han estat desallotjats i posicionats per l'acció de les onades de tsunami, tot i que alguns d'aquests blocs també han estat retreballats per onades de tempesta.

Els models de simulació han confirmat l'alta probabilitat d'impacte de les onades de tsunami al llarg de la costa de Menorca. L'últim episodi, a l'any 2003, va causar una gran quantitat de danys materials en alguns ports de l'illa. Tot i que la ubicació dels blocs és molt important, es pot obtenir també informació de les orientacions dels blocs i de la presència de blocs imbricats amb cordons i/o grups aïllats que evidencien l'efecte d'un flux continu que només pot originar-se amb un tsunami. La distància mitjana dels blocs als escarpaments es de 37.5 m, el que permet excloure, a la majoria dels blocs analitzats, orígens per qualsevol altre fenomen. Les equacions hidrodinàmiques aplicades a aquests blocs donen valors d'ones molt lluny de l'abast de les onades de tempesta registrades en els darrers 50 anys, una indicació clara que una ona de tsunami hauria de ser la causa del seu

arrabassament i transport terra endins. Blocs de fins a 228 T (Illa de l'Aire), alçades que arriben als 31m s.n.m. (Punta Nati), i distàncies des de la vora del penya-segat de fins a 136m (Illa de l'Aire) confirmen els resultats obtinguts als càlculs aplicats. El valor màxim del Transport Figure arriba a superar els 80.000 amb un promig dels valors màxims de 11.135, bastant més modest.

La majoria de dipòsits es localitzen majoritàriament a la costa sud-oriental i occidental de l'illa i els models numèrics han identificat aquestes costes com unes zones amb una alta probabilitat d'impacte de tsunamis (Fig. 4).



**Fig. 4.** Ubicació de les àrees mostrejades a Menorca amb representació del TF mitjà cada àrea.  
**Fig. 4.** Location of the sampled areas in Menorca with representation of the average Transport Figure for each area.

Tot i que algunes ones de tempesta poden tenir un paper important en l'emplaçament d'alguns blocs, la seva distribució al llarg de Menorca, el grau d'imbricació, la orientació i l'energia necessària per a la seva col·locació confirmen el seu transport per tsunamis que procedents del nord d'Àfrica arriben a la costa de Menorca.

Les dades històriques sobre les onades de tempesta (màxim registrat el 21 de gener de 2020 amb 14,8 m), o fins i tot els medicane (11 m de màxima), no poden explicar la mida, l'orientació, la imbricació i la posició dels blocs. La datació de diferents blocs mitjançant  $C^{14}$ , i les dades obtingudes a partir de les taxes de dissolució de cocons sobre calcàries, estableixen un rang d'edat d'emplaçament per tsunami de les roques estudiades entre els segles XVII i XIX (Fig. 6). Durant aquest període, set terratrèmols amb intensitats superiors 6,5 han estat documentats al llarg de la costa N d'Algèria, i 11 registres històrics de tsunami han estat descrits per registres a les Illes Balears.

**Taula 1.** Valors mitjans i màxims de les arees analitzades a Menorca (H p-s: altura penya-segat, H mx: altura màxima ona, Dir ones: direcció onatge, Dir blocs: orientació blocs, Hmx bloc: altura màxima bloc, Dist. mx bloc: distància màxima del bloc respecte el penya-segat, Dist. md: distància mitjana del bloc respecte el penya-segat, H md: altura mitjana del bloc, TF md i mx: Transport Figure mitjà i màxim, Pes md i mx: pes mitjà i màxim del bloc).

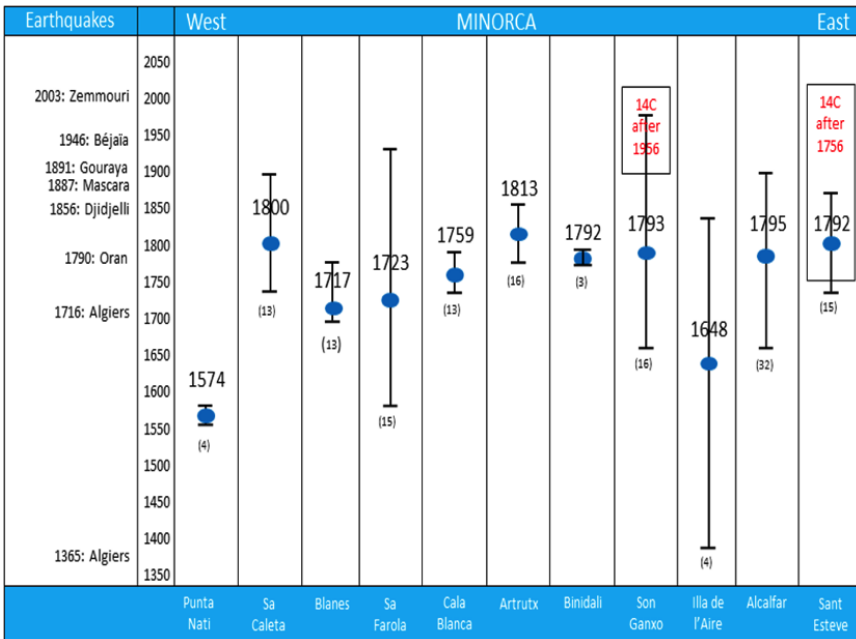
**Table 1.** Mean and maximum values of the areas analyzed in Menorca (H p-s: cliff height, H mx: maximum wave height, Dir ones: wave direction, Dir blocs: boulder orientation, Hmx bloc: maximum block height, Dist. màx bloc: maximum distance from the boulder to the cliff edge, Dist. md: average distance from the boulder to the cliff edge, H md: average height of the boulder, TF md and mx: average and maximum of Transport Figure, Pes md and mx: average and maximum boulder weight).

Ubicació	H p-s	H mx	Dir. Ones	Dir. blocs	Hmx bloc	Dist. màx. bloc	Dist. md	H md	TF md	TF mx	Pes md	Pes max
Sant Esteve	0,5	7,5	360	086	4	35	24	2	456	2.710	9	119,8
Torre Alcafar	5,5	7,5	360	117	10	41	36	9	5.665	22.086	21	106
Alcafar	4,5	7	360	127	11	49	33	6	565	3.316	3	35,2
Punta Prima	1,5	7	225	097	5	10	6	3	30	221	2	5,75
Illa de l'Aire	10	8,5	225	123	10	136	51	6	995	26.313	5	228,7
Son Ganxo	1,2	7	225	184	4	36	22	3	332	1.224	5	13,1
Binisafüller	1	6,5	247	152	4	50	24	2	152	677	3	15,4
Binidali	10	7,5	247	177	19	58	27	17	336	3.202	1	30,1
Trebalúger	5	8,5	320	203	9	50	42	8,1	916	1.577	2,7	4,5
Son Saura del Sud	4,5	8,5	315	253	8	25	11,6	7,6	444	2.136	3,3	21,9
Artrutx	8	7	315	314	11	65	47	10	1.207	6.126	3	16,8
Cala Blanca	5	7	315	274	9	24	15	8	240	2.333	2	20,3
Sa Caleta	5	8	315	293	10	45	20	9	362	1.938	2	8,2
Sa Farola	5,5	8	360	112	10	19	11	9	426	2.584	4	15,6
Cala en Blanes	15	10	360	061	18	55	30	18	2.372	6.087	6	8
Punta Nati	21	10	360	174	31	46	28	25	3.163	12.452	5	12,9
Cales Pous	20	10	360	078	26	47	39	24	2.226	9.428	2	15,7
Alocs	1,5	9,5	360	164	7	25,5	22	5,5	165	749	1,8	3,5
Illa d'es Porros	7	10	360	045	15	82	56,8	9,5	10.709	84.696	19,8	128,3
Cavalleria	5,5	10	360	169	13	111	87	11	10.888	34.154	10	23,9
Tirant	0,5	9,5	360	057	7	30	27	6	151	922	1	4,4
Mola Fornells	20	9,5	360	093	27	89	69	23	5.655	11.008	3	5,8
Tusqueta	2	9,5	360	086	20	129	109	15	15.178	36.862	9	16,8
Punta Grossa	8,5	9,5	360	122	13	30	23	13	2.096	6.436	7	21,5
Macaret	9,5	9,5	360	089	13	71	57	12	2.718	5.372	4	7,7
Illots d'Addaia	9,5	9,5	360	-	6	90	47	4	1.303	4.914	6	15,6
Promig	7	9			12	56	37	10	2.644	11.135	5	35





**Fig. 5.** *Penya-segats de Punta Nati (A) i Alcafar (B). Blocs a l'Illa de l'Aire (C) i Binidali (D).  
Fig. 5. Punta Nati (A) and Alcafar Cliffs (B). Boulders of the Illa de l'Aire (C) and Binidali (D).*



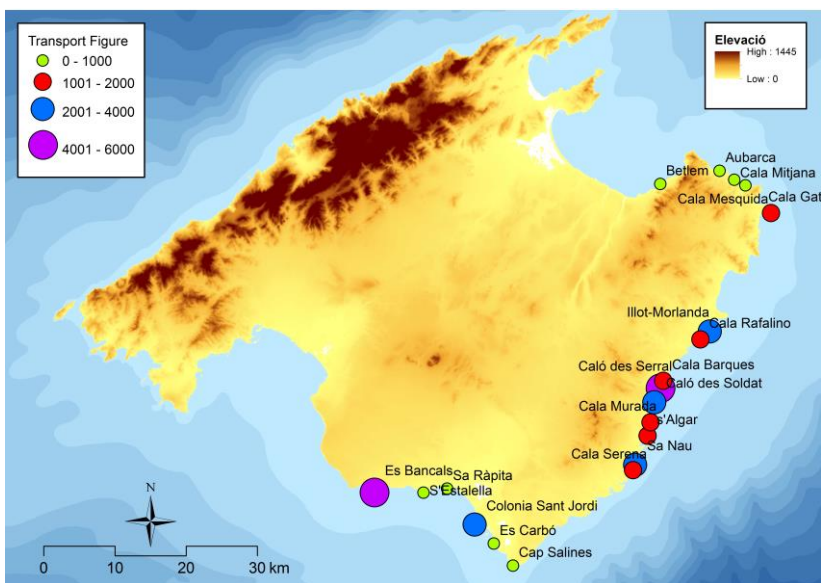
**Fig. 6.** *Cronologia del emplaçament dels blocs de Menorca en base a cocons post-deposicionals. Els punts blaus indiquen la edat mitjana de cada localitat. La barra mostra la dispersió de les edats calculades i el nombre en parèntesi mostra el número de mesures. La columna de l'esquerra mostra els terratrèmols ocorreguts amb intensitat >X (Escala de Mercalli) al nord d'Algèria des de 1365. Els rectangles indiquen l'edat obtinguda per mitjà de C<sup>14</sup>. (Font: Roig-Munar et al., 2018).*

**Fig. 6.** *Chronology of the location of the boulders of Menorca based on post-depositional basin pools. Blue dots indicate the average age for each locality. The bar shows the dispersion of the calculated ages and the number in parentheses shows the number of measurements. The left column shows the earthquakes with an intensity > X (Mercalli Scale) in northern Algeria since 1365. The rectangles indicate the age obtained by C<sup>14</sup>. (Source: Roig-Munar et al., 2018).*



## Mallorca

S'han analitzat 20 àrees amb grans blocs depositats en penya-segats de la costa de Mallorca (Fig. 7 i Taula 2). Majoritàriament es troben a la part superior d'una plataforma tabular del Miocè Superior. Están a diverses desenes de metres de la vora del cingle, fins a 18 m sobre el nivell de la mar, presenten pesos fins a 46 T i la seva posició descarta processos provinents de terra o erosions diferencials. Es troben a les costes E i S de Mallorca, on l'altura i l'energia de les onades són baixes en comparació amb les del N i NE. Algunes dels cordons de blocs es troben a alçades molt per sobre de l'alçada màxima de l'onada. Al Caló den Serral (Fig. 8 A), els còdols es troben a la part superior d'un penya-segat de 15 m s.n.m. on les onades màximes son de 11 m i que a més, presenta una gran cavitat (cova del Pilar) a la seva base. El valor de Transport Figure d'aquest punt arriba a superar els 20.000.



**Fig. 7.** Ubicació de les àrees mostrejades a Mallorca amb representació del TF mitjà cada àrea.

*Fig. 7. Location of the sampled areas in Majorca with representation of the average Transport Figure for each area.*

La pràctica totalitat dels blocs es troben en ubicacions on els models numèrics de simulació de tsunami procedents de la costa nord-africana preveuen l'impacte d'un tsunami a Mallorca (Fig. 1). Fonts documentals també confirmen un tsunami molt gran que va afectar la costa SE de Mallorca el 1756, amb una entrada de la mar de fins a 2 km terra endins i un *run-up* de fins a 45 m (Fontseré, 1918). Segons les dades del radiocarboni i la taxa d'erosió dels cocons de dissolució, les edats dels blocs de les localitats estudiades oscil·len entre el 1591 i el 1894, tot i que la majoria es concentren cap a l'any 1790, coetani amb les fonts històriques (Fig. 10). Algunes de les edats convencionals de radiocarboni són coherents amb aquestes dades (edats de Cap Salines de Kelletat *et al.*, 2005) i les d'aquest



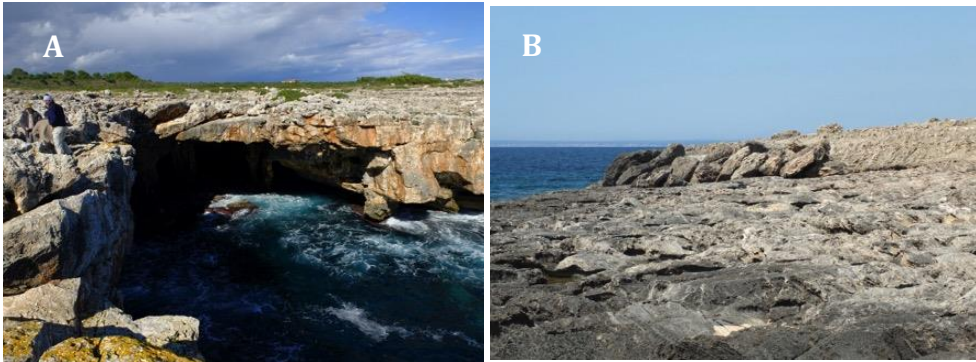
estudi, però d'altres (edats de Scheffers *et al.*, 2008), al NE de Mallorca i les dades en s'Estalella no ho són; per tant, és probable que un tsunami més antic es produís al voltant del 500 dC i els nous events retraballessin els antics blocs.

Ubicació	H p-s	H mx	Dir. Ones	Dir. blocs	Hmx bloc	Dist. màx. bloc	Dist. md	H md	TF md	TF mx	Pes md	Pes max
Betlem	1	7	360	318	1,5	14	12	1,4	188	103	4,1	4,92
Aubarca	4,5	7	360	051	6	32	15,5	9,6	821	1.303	11,8	18,1
Cala Mitjana	1,5	7	360	033	10	56	22,3	5,6	898	1.996	7,6	11,2
Cala Mesquida	1,5	7	360	144	8,5	38	22,1	6	639	1.517	5,7	16,5
Cala Gat	9,5	7	360	045	15	42	24	11,6	1.200	1.680	4,9	8
Cala Rafalino	5	7,5	090	141	12	60	30,9	8	1.991	8.164	8,5	36,8
Illot-Morlanda	8	7,5	090	135	13	50	22,9	9,4	2.013	7.786	8,7	31,6
Cala Barques	3,5	7,5	090	116	10	71	32	8,8	1.666	8.129	6,8	43,0
Caló des Serral	10	7,5	090	130	15	66	36,8	12,6	4.319	20.492	9,3	26,4
Caló des Soldat	5	7,5	090	132	12,5	48	40	10	2.089	3.816	5,03	7,4
Cala Murada	4,5	7	090	098	12	40	19,4	9,8	1.441	2.238	7,6	15,8
s'Algar	13	7,5	090	137	17	54	29,1	11,5	1.832	5.514	7,5	46,5
Sa Nau	9	7,5	090	151	15	41	27,5	13	2.689	8.653	8,3	18,0
Cala Serena	10	7,5	090		18	24	19,7	15,8	1.241	2.573	3,6	6,0
Cap Salines	0,5	6,5	225	174	2,5	30	9	2	65	160	4,5	10,4
Es Carbó	0,5	6,5	225	216	4	51	19,8	2,8	557	2.648	9,9	33,9
Colonia Sant Jordi	1,5	6,5	203	223	4,5	87	28,2	3,4	2.027	7.469	15,1	26,8
Sa Ràpita	0,5	6,5	225	165	4,5	8	8,5	3,8	249	258	8	9,6
S'Estalella	7,5	6,5	225	180	8,5	55	27,8	5,8	901	4.905	6,5	23,5
Es Bancals	10	6,5	225	184	25	80	52	17	5.483	12.004	7,02	12,9
Promig	5	7			11	47	25	8	1.615	5.070	8	20

**Taula 2.** Valors mitjans de cada àrea d'estudi (H p-s: altura penya-segat, H mx: altura màxima ona, Dir ones: direcció onatge, Dir blocs: orientació blocs, H mx bloc: altura màxima bloc, Dist. mx bloc: distància màxima del bloc respecte del penya-segat, Dist. md: distància mitjana del bloc respecte el penya-segat, H md: altura mitjana del bloc, TF md i mx: Transport Figure mitjà i màxim, Pes md i mx: pes mitjà i màxim del bloc).

**Table 2.** Mean values of each Majorca study area (H p-s: cliff height, H mx: maximum wave height, Dir ones: wave direction, Dir blocs: boulder orientation, Hmx bloc: maximum block height, Dist. màx bloc: maximum distance from the boulder to the cliff edge, Dist. md: average distance from the boulder to the cliff edge, H md: average height of the boulder, TF md and mx: average and maximum of Transport Figure, Pes md and mx : average and maximum boulder weight).

Malgrat les incerteses en la datació exacta d'esdeveniments de tsunami del passat i en les dates dels cocons de dissolució, el que sí obtenim son ordres de magnitud prou coherents, fins i tot amb fonts d'informació molt diferents. Tot i que algunes onades de tempesta poden tenir un paper important en la distribució dels blocs a les localitzacions mes baixes (S'Estalella, Fig. 9, i Cap de ses Salines), la distribució dels blocs al llarg de l'illa, el grau i la direcció de la imbricació i l'energia (en forma d'alçada d'ona) necessària pel seu arrabassament, transport i sedimentació, evidencien l'impacte dels tsunamis provinents del Nord d'Àfrica que arriben a la costa de Mallorca.



**Fig. 8.** Blocs de tsunami a damunt de la cova del Pilar, al sud del Calò des Serral (A) i blocs imbricats a n'es Carbó (B).

**Fig. 8.** *Tsunami boulders above the Pilar cave, south of Calò des Serral (A) and imbricated boulders in es Carbó (B).*



**Fig. 9.** Exemples de blocs imbricats a s'Estalella.

**Fig. 9.** *Examples of imbricated boulders in S'Estalella.*

Main Earthquakes	SW	MAJORCA			NE	
2050						
2003: Zemmouri	2000					
1945: Bejaia	1950					
1891: Gouraya,	1900	1864	1894	1950		
1856: Djidellii	1850	1795	1793 (2)	1826	1869	
1790: Oran	1800				1800	
1755: Lisboa	1750				1864	
1716: Algiers	1700				1779	
1660: Majorca	1650	1661			1876	
	1600				1793	
	1550				1661	
	1500		1591		1616	
	1450		(1) 1508		1626	
	1400					
1365: Algiers	1350					
	1300	542 (2)			(1) 565	
	1250	438				
	1200					
	1150					
		Estalella	Es Carbó	Cap Salines	Cala Barques	Caló d'en Serral
					Caló d'en Rafelino	NE Mallorca

### Eivissa i Formentera

S'han analitzat set afloraments de blocs a l'illa d'Eivissa, dos més a l'illa de Formentera i un a S'Espalmador i un altre a S'Espardell (Fig. 11 i Taula 3). La disposició dels blocs de fins a 57 T, alguns a 14 m s.n.m., a més de 100 m de la vora del penya-segat i molt lluny de qualsevol font d'origen gravitatori, apunten a un desplaçament terra endins per tsunamis i/o tempestes. Els blocs es troben als llocs on els models numèrics de simulació de tsunami procedents de terratrèmols a la costa nord-africana preveuen l'impacte del tsunami en aquestes Illes (Fig. 1). Segons les datacions amb radiocarboni i amb la taxa de creixement de les morfologies de dissolució post-transport, l'edat dels blocs oscil·la entre els anys 1750 i 1870.

La litologia i les fàcies dels blocs coincideixen amb les que es troben als nivells superiors dels penya-segats, d'aquesta manera es pot inferir que la majoria dels blocs han estat arrabassats i transportats terra endins des de la vora del penya-segat. Són pocs els blocs que presenten fauna incrustat, es a dir, que provenen de zones submergides i només un d'ells s'ha utilitzat per la datació per  $C^{14}$ .

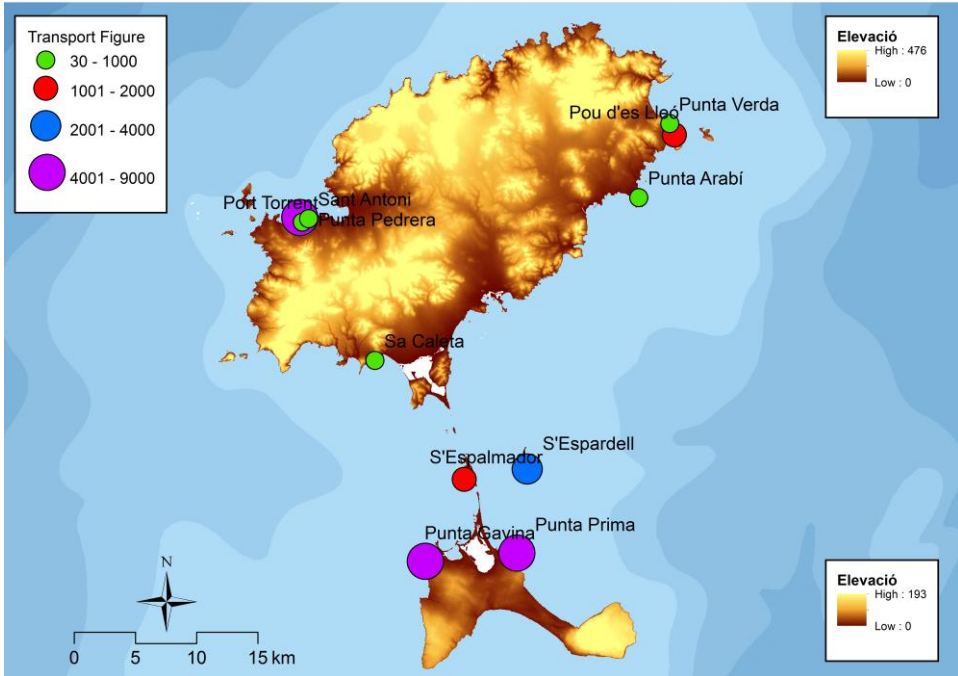
Malgrat que l'altura de l'ona de tempesta i, per tant l'energia, és més elevada a les costes de Tramuntana, els grans blocs es troben a les parts meridionals de les Balears, com es també el cas de les Pitiüses. El règim d'ones d'Eivissa i Formentera es caracteritza per vents tant de component nord com sud, un fetch de 500 km del SW i 900 km de l'ESS. Les altituds d'ona arriben fins als 11 m (Hs50).

Els blocs de cinc dels afloraments (Punta Pedrera, Pou des Lleó i Punta Arabí a Eivissa i Punta Prima i Punta Gavina a Formentera, Fig. 12) estan situats a 12 m s.n.m. de mitjana, a distàncies entre 25 i 115 (Taula 3) m del penya-segat i tenen pesos entre 1.4 i 11.5 T. Els resultats de les equacions hidrodinàmiques requereixen alçades de les onades de tempesta de fins a 20 m per arrabassar els blocs submergits i al voltant de 13 m per desplaçar els blocs subaeris. L'aplicació de l'equació de *Transport Figure* confirma una interpretació de l'origen d'aquests blocs per tsunami; valors de TF promig de 8.000 ratifiquen el requeriment d'un flux de tsunami per iniciar i transferir aquests blocs a la seva posició actual i encara més per a la seva imbricació.

Dos afloraments d'Eivissa (Sant Antoni i Punta Verda) mostren blocs situats entre 2 i 3 m s.n.m. i entre 25 i 30 m cap a l'interior de la costa. Tot i que els seus pesos de mitjana són de 17,6 i 14,5 T, respectivament, les onades de tempestes podrien assolir la seva posició. No obstant això, l'origen tsunamític de la resta d'afloraments obliga a considerar un origen mixte per a aquests jaciments. La distribució dels emplaçaments dels blocs al llarg de les Pitiüses, la seva orientació i imbricació evidencien que van ser transportats per les onades de tsunamis que procedent del nord d'Àfrica van arribar a les costes de Eivissa i Formentera.

←(veure pàgina anterior) **Fig. 10.** Terratrèmols històrics (Escala de Mercalli >X) i datació de blocs de diferents emplaçaments a Mallorca. Els rectangles blancs es corresponen amb edats de cocons post-deposicionals. Els rectangles grisos corresponen a dades de radiocarboni de (1) Kelletat *et al.* (2005) i (2) de Scheffers *et al.* (2008). Font: Roig-Munar *et al.* (2019).

**Fig. 10.** Historic earthquakes (Mercalli scale >X) and boulder dating from different locations in Mallorca. White rectangles correspond to post-depositional basin pools. The gray rectangles correspond to radiocarbon data from (1) Kelletat *et al.* (2005) and (2) from Scheffers *et al.* (2008). Source: Roig-Munar *et al.* (2019).



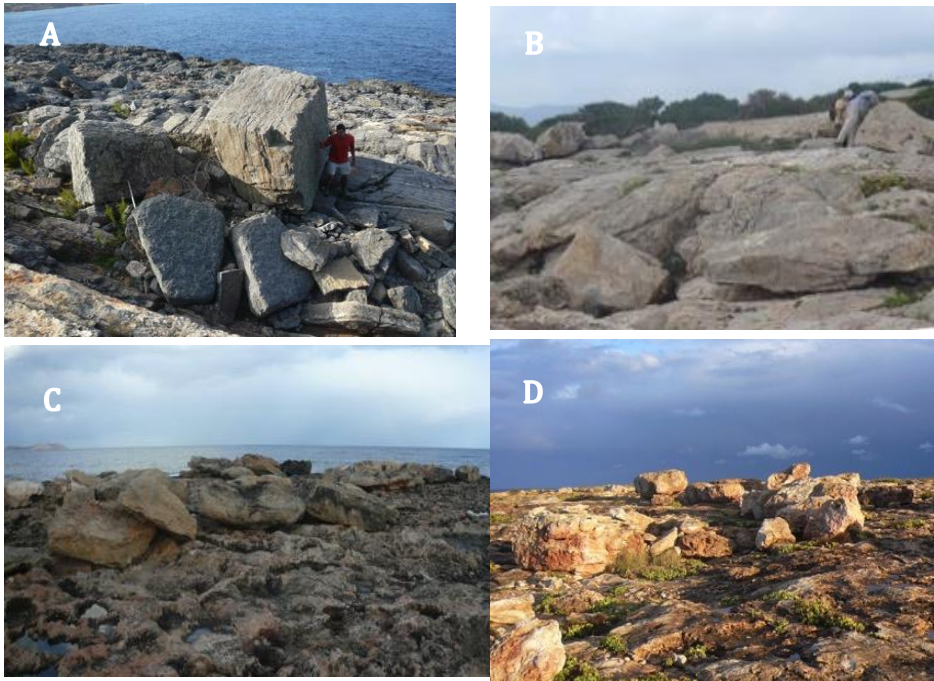
**Fig. 11.** Ubicació de les àrees mostrejades a les Illes Pitiüses amb representació del TF mitjà a cada àrea.

**Fig. 11.** Location of the sampled areas in the Pitiüses Islands (Ibiza, Formentera and nearby islets) with representation of the average Transport Figure in each area.

Ubicació	H p-s	H mx	Dir. Ones	Dir. blocs	Hmx bloc	Dist. màx. bloc	Dist. md	H md	TF md	TF mx	Pes md	Pes max
Punta Verda	2,5	9	023	099	3,5	25	19	2,8	121	842	2	10,3
Pou d'es Lleó	5,5	11	023	133	10	46	31	9	1.384	12.249	4,1	38,0
Punta Arabí	5,5	9,5	045	155	9,5	35	35	9,5	476	2.419	1,4	7,3
S'Espardell	7	8,5	045	162	7,5	56	34	5,8	2.127	6.599	9,5	22,6
Punta Prima	9,5	8,5	045	129	13	115	81,9	11,7	8.079	30.725	8,5	31,9
Punta Gavina	10	8,5	050	246	14	65	59	11,26	7.097	19.231	10,8	28,2
S'Espalmador	3,5	8,5	045	171	12	30	22	5,74	1.158	2.262	11,5	39,5
Sa Caleta	1,5	8,5	023	034	9,0	25	20	7,5	437	753	2,7	9,5
Port Torrent	0,5	8,5	023	100	2,5	40	37,1	2,27	260	386	3,03	4,17
Sant Antoni	0,5	8,5	023	020	2,1	30,5	12,1	1,4	199	1.126	11,1	32,5
Punta Pedrera	9	8,5	023	161	17	88	75,6	16,5	5.319	20.040	10,2	57,6
Promig	5	9			9	51	39	8	2.423	8.785	7	26

**Taula 3.** Valors mitjans de cada àrea d'estudi (H p-s: altura penya-segat, H mx: altura màxima ona, Dir ones: direcció onatge, Dir blocs: orientació blocs, H mx bloc: altura màxima bloc, Dist. Mx bloc: distància màxima del bloc respecte del penya-segat, Dist. Md: distància mitjana del bloc respecte del penya-segat, H md: altura mitjana del bloc, TF md i mx: Transport Figure mitjà i màxim, Pes md i mx: pes mitjà i màxim del bloc).

**Table 3.** Mean values of each study area in the Pitiüses (H p-s: cliff height, H mx: maximum wave height, Dir ones: wave direction, Dir blocs: boulder orientation, Hmx bloc: maximum block height, Dist. màx bloc: maximum distance from the boulder to the cliff edge, Dist. md: average distance from the boulder to the cliff edge, H md: average height of the boulder, TF md and mx: average and maximum of Transport Figure, Pes md and mx: average and maximum boulder weight).



**Fig. 12.** Blocs als penya-segats de Punta Verda i Punta Arabí (A i B). Blocs a Sant Antoni i Punta Prima a Formentera (C i D).

*Fig. 12. Boulders on the cliffs of Punta Verda and Punta Arabí (A and B). Boulders in Sant Antoni and Punta Prima in Formentera (C and D).*

## Conclusions

Els blocs ubicats sobre penya-segats litorals a les Illes Balears poden tenir dos orígens: tempesta i/o tsunami. La seva disposició descarta qualsevol origen per processos gravitacionals. Gran part dels blocs analitzats es troben a altures molt per sobre de l'alçada màxima de l'ona de tempesta que no arriba als 11 m a la majoria dels llocs estudiats. Molts blocs es troben a distància superiors als 70 m del penya-segat, alguns dins vegetació arbòria, i les masses d'aquests blocs són superiors a 10 T. El valor del *Transport Figure* de molts d'aquests blocs és superior a 5.000. A més, els blocs provenen del mateix nivell de la coronació del penya-segat i les seves ubicacions son coherents amb els models numèrics de la generació de tsunamis a partir de terratrèmols situats al nord d'Àfrica. Les edats d'acumulació dels blocs a partir de formes de dissolució post-deposicional, suggereixen que el transport va ocórrer entre el anys 1591 i 1894, amb edats mitjanes al voltant de 1800. Algunes de les edats convencionals de radiocarboni són consistents amb aquestes dades (per Cap Salines de Kelletat *et al.* (2005) i les nostres), però d'altres (edats de Scheffers *et al.*, 2008), NE de Mallorca i les nostres a s'Estalella, no ho són; per tant, és probable que un tsunami major possiblement va tenir lloc al voltant de l'any 500, i que va ser obliterat pels



events mes recents. Les fonts històriques disponibles (entre d'altres Fontseré, 1918) son congruents amb les dades analitzades i amb el seu origen tsunamític.

## Agraïments

El present article inclou una síntesis de la tesi doctoral d'un dels autor, Francesc Xavier Roig i Munar amb el títol 'Blocs de tempesta i tsunami a les costes rocoses de les Illes Balears. Anàlisi geomorfològica i morfomètrica'.

## Referències citades

- Alasset, J. P., Hebert, H., Maouche, S., Calbini, V. i Meghraoui, M. 2006. The tsunami induced by the 2003 Zemmouri earthquake (Mw p 6.9 Algeria): modelling and results. *Geophysical Journal International* 166: 213-226.
- Álvarez-Gómez, J. A., Olabarrieta, M., González, M., Otero, L., Carreño, E. i Martínez-Solares, J. M. 2010. The impact of tsunamis on the Island of Majorca induced by North Algerian seismic sources. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19:367-383.
- Álvarez-Gómez, J.A., Aniel-Quiroga, I., González, M. i Otero, L. 2011. Tsunami hazard at the Western Mediterranean Spanish coast from seismic sources. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11: 227-240.
- Balaguer, P., Gómez-Pujol, Ll., Fuster, M. i Fornós, J. J. 2013. Alteración alveolar en areniscas carbonatadas y tasa de erosión asociada: 10 años de observaciones en las canteras litorales de es Carnatge (Mallorca, Islas Baleares). *Revista GeoTemas*, vol 14: 79-82.
- Bartel, P. i Kelletat, D. 2003. Erster Nachweis holozäner Tsunamis im Westlichen Mittelmeergebiet (Mallorca, Spanien) mit einem Vergleich von Tsunamiund Sturmwellenwirkung auf Festgesteinsküsten. *Ber. Forsch. Technol.-Center Kiel Buüsum* 28, 93-107.
- Cañelles, B. 2010. *Long-term extreme wave height events in the Balearic Sea: characterization, variability and prediction*. Tesis doctoral, Universitat de les Illes Balears 71 pp.
- Cañelles, B., Orfila, A., Méndez, F. J., Menéndez, M. i Tintoré, J. 2007. Application of a POT model to estimate the extreme significant wave height levels around the Balearic Sea (Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research*, SI, 50, 329-333.
- Corrales, O. 2015. Geomorfologia submarina de la plataforma continental davant del cap de Ses Salines, Mallorca. Memòria del Treball de Final de Grau, Facultat de Geologia Universitat de Barcelona, 35 pp. Inèdit
- Cox, R., Jahn, K. L., Watkins, O. G., and Cox, P.: Extraordinary boulder transport by storm waves (west of Ireland, winter 2013–2014) and criteria for analysing coastal boulder deposits, *Earth-Sci. Rev.*, 177, 623–636, 2018.
- Cuerda, J., Vicens, D. i Gràcia, F. 1991. Malacofauna y estratigrafía del Pleistoceno Superior marino de Son Real (Santa Margalida, Mallorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 34: 99-108.
- Femenies, J., 2007. Els grans blocs de Cap de Salines (Mallorca): Estudi sedimentològic i dinàmic. Treball Final de Carrera. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. 39 pp. Inèdit
- Fontseré, E. 1918. Notas sueltas de sismología Balear. Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales, Facultat de Ciencias de la Universidad de Barcelona, 5-12.
- Gómez-Pujol, Ll. 2006. *Patrons, taxes i formes d'erosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca*. Tesis doctoral inèdita. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes



- Balears. 200 pp.
- Gómez-Pujol, Ll. i Fornós, J. J. 2004. Tasas de meteorización química en la costa carbonatada de Mallorca. Evaluación preliminar mediante tests de exposición (weight-loss rock tablets). En: Blanco, R., Bedoya, J., Pérez-Alberti, A. (Eds.). *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. SPUSC, Santiago de Compostela. Comunicaciones, 401-410.
- Gómez-Pujol, Ll. i Roig-Munar, F.X. 2013. Acumulaciones de grandes bloques en las crestas de los acantilados del sur de Menorca (Illes Balears): observaciones preliminares. *Geo-Temas*, 14: 71-74.
- Gómez-Pujol, L., Balaguer, P. i Fornós, J.J. 2002. Meteorización del patrimonio histórico en ambientes costeros marinos: el caso de la Torre d'en Beu (Santanyí, Mallorca). En: Serrano, E. et al., (Eds.). *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología*. PUV, Valladolid. Comunicaciones: 403-413.
- Goto, K., Chagué-Goff, C., Fujino, S., Goff, J., Jaffe, B., Nishimura, Y., Richmond, B., Sugawara, D., Szczucinski, W., Tappin, D. R., Witter, R. C. i Yulianto, E. 2011. New insights of tsunami hazard from the 2011 Tohoku-oki event. *Marine Geology* 290, 46-50.
- Gràcia, F. i Vicens, D. 1998. Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. In: Fornós, J. J. (Ed.). *Aspectes geològics de les Balears*: 307-329. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Hall, A. M. 2011. Storm wave currents, boulder movement and shore platform development: a case study from East Lothian, Scotland. *Marine Geology* 283, 98-105.
- Harbi, A., Benouard, D. i Benhallou, H. 2003a. "Re-appraisal of Seismicity and Seismotectonics in the North-Eastern Algeria, Part I: Review of Historical Seismicity". *Journal of Seismology*, Vol. 7, No. 1, pp. 115-136.
- Harbi, A., Maouche, S. i Benhallou, H. 2003b. "Re-appraisal of Seismicity and Seismotectonics in the North-Eastern Algeria, Part II: 20th Century Seismicity and Seismotectonics Analysis". *Journal of Seismology*, Vol. 7, No. 2, pp. 221-234.
- Hébert, H. i Alasset, P. J. 2003. The Tsunami Triggered by the 21 May 2003 Algiers Earthquake. *EMSC Newsletter, Centre Sismologique Euro-Méditerranéen*, Vol. 20, pp. 10-12.
- Henares, J., López Casado, C., Sanz de Galdeano, C., Delgado, J. i Peláez, J. A. 2003. Stress Fields in the Iberian-Maghrebi Region. *Journal of Seismology*, Vol. 7, No.1, pp. 65-78.
- Keating, B. H. i McGuire, W. J. 2000. Island edifice failures and associated hazards. *Pure Appl. Geophys.* (Special Issue: Landslide and Tsunamis) 157, 899-955.
- Keating, B. H., Helsley, C. E., Wanink, M. i Walker, D. 2011. Tsunami Deposit Research: Fidelity of the Tsunami Record, Ephemeral Nature, Tsunami Deposits Characteristics, Remobilization of Sediment by Later Waves, and Boulder Movements. *The Tsunami Threat - Research and Technology*, 19; 389-342.
- Kelletat, D. 2005. Neue Beobachtungen zu Paläo-Tsunami im Mittelmeergebiet, Mallorca und Bucht von Alanya, türkische Südküste. *Schriften des Arbeitskreises Landes- und Volkskunde Koblenz (ALV)* 4, 1-14.
- Kelletat, D., Whelan, F., Bartel, P. i Scheffers, A. 2005. New Tsunami evidences in Southern Spain Cabo de Trafalgar and Mallorca Island. In: Sanjaume E., Matheu J. F. (Eds.). *Geomorfologia Litoral I Quaternari, Homenatge al professor Vincenç M. Rosselló i Verger*. Universitat de València, Spain, pp. 215-222.
- Marone, F., Van Der Lee, S. i Giardini, D. 2004. "Three-Dimensional Upper-Mantle S-Velocity Model for the Eurasia-Africa Plate Boundary Region". *Geophysical Journal International*, Vol. 158, No. 1, pp. 109-130.
- Martín-Prieto, J. Á., Rodríguez-Perea, A., Roig-Munar F.X. i Gelabert B. 2018 Acumulación de bloques sobre un acantilado en la costa sur de Mallorca (s'Estalella) a partir de un temporal. In: Garcia, C., Gómez-Pujol, L., Morán-Tejeda, E. i Batalla, R.J. (Eds). *Geomorfología del antropoceno. Efecto del cambio global sobre los procesos geomorfológicos*. 99-102.
- Martínez-Solares, J. M. 2001. *Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de*

- 1755). Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, 756 pp.
- Martínez-Solares, J. M. i Mezcuca-Rodríguez, J. 2002. *Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a. C.-1990)*. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, pp. 253.
- Nott, J. 2003a. Waves, coastal boulder deposits and the importance of the pre-transport setting. *Earth and Planetary Science Letters* 210, 269-276.
- Nott, J. 2003b. Tsunami or storm waves? Determining the origin of a spectacular field of wave emplaced boulders using numerical storm surge and wave models and hydrodynamic transport equations. *Journal of Coastal Research* 19: 348-356.
- Ouyed, M., Meghraoui, M., Cisternas, A., Frechet, J., Gaulon, R., Hatzfeld, D. i Philip, H. 1981. Seismotectonics of the El-Asnam earthquake. *Nature* 292: 26-31.
- Roger, J. i Hébert, H. 2008. The 1856 Djielli (Algeria) earthquake and tsunami source parameters and implications for tsunami hazard in the Balearic Islands. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8: 721-731.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A, Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Vilaplana, J. M. i Gelabert, B. 2013a. Processos erosius als penya-segats de la Mola de Maó, Menorca. *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (2013)*. Ed Pons. G. X., pp 72-74.
- Roig-Munar, F. X., Martín-Prieto, J. A, Rodríguez-Perea, A., Pons, G. X. i Mir-Gual, M. 2013b. Morfogènesi i dinàmica de la platja des Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 55: 47-62.
- Roig-Munar, F. X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A, Pons, G. X., Vilaplana, J. M. i Gelabert, B., Pons, G. X. i Mir-Gual, M. 2013c. Presència de blocs acumulats a terrasses i penya-segats marins a les illes de Menorca i Mallorca: tsunamis o tempestes? *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Societat d'Història Natural de les Illes Balears, pp 62-64.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A, Vilaplana, J. M., Gelabert, B., Pons, G. X. i Mir-Gual, M. 2014. Presencia de bloques de tsunamis en las costas rocosas del SE de Menorca (I. Baleares). En: Álvarez-Gómez, J. A. y Martín-González, F. (Eds.). *Una aproximación multidisciplinar al estudio de las fallas activas, los terremotos y el riesgo sísmico*, pp. 125-128. Segunda Reunión Ibérica sobre fallas activas y paleosismología, Lorca (Murcia, España).
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A, Vilaplana, J. M. i Gelabert, B. 2015. Morfometría de bloques de tsunami en las costas rocosas del Este de Mallorca (Islas Baleares). VIII Jornades de Geomorfologia litoral, *Revista Geo-Temas, Vol 15*. Málvarez, G. et al. (Eds.), 229-232.
- Roig-Munar, F. X. 2016. Blocs de tempesta i tsunami a les costes rocoses de les Illes Balears. Anàlisi geomorfològica i morfomètrica. Tesis doctoral. Departament de Geodinàmica i Geofísica. Universitat de Barcelona, 410 pp
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Gelabert Ferrer, B. y Vilaplana Fernández, J.M. 2017. Morfometria y dinámica de bloques asociados a tsunami en una rampa litoral del Norte de Menorca (Illes Balears). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 30(1): 97-111.
- Roig-Munar, F. X., Vilaplana, J. M., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. Á., i Gelabert, B. 2018. Tsunamis boulders on the rocky shores of Minorca (Balearic Islands). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18: 1985-1998, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-1985-2018>.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.Á., Gelabert, B. i Vilaplana, J.M. 2019a. Tsunami boulders in Majorca Island (Balearic Islands, Spain). *Geomorphology*, 334: 76-90.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Vilaplana, J.M., Martín-Prieto, J.Á., i Gelabert, B. 2019b. Tsunami Boulders on the Rocky Coasts of Ibiza and Formentera (Balearic Islands) *J. Mar. Sci. Eng.* 7, 327; doi:10.3390/jmse7100327
- Sahal, A., Roger, J. i Allgeryer, S. 2009. The tsunami triggered by the 21 May 2003 Boumerdès-Zemmouri (Algeria) earthquake: field investigations on the French Mediterranean coast and

- tsunami modelling, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 1823-1834.
- Scheffers, A. i Kelletat, D. 2003. Sedimentologic and geomorphic tsunami imprints worldwide - a review. *Earth-Science Review*, 63: 83-92.
- Tinti, S., Armigliato, A., Pagnoni, G. i Zaniboni, F. 2005. Scenarios of giant tsunamis of tectonic origin in the mediterranean. *Journal of Earthquake Technology*, núm. 464, Vol. 42-4: 171-188.
- Wang, X. i Liu, P. L. F. 2005. A numerical investigation of Boumerdes-Zemmouri (Algeria) earthquake and tsunamis. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 10: 171-183.



# Cinquanta anys d'espeleologia subaquàtica a Mallorca (1971-2021): humans, aigua i coves

Francesc GRÀCIA i Joan J. FORNÓS

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Gràcia, F. i Fornós, J.J. 2021. Cinquanta anys d'espeleologia subaquàtica a Mallorca (1971-2021): humans, aigua i coves. *In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 283-361. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

Aquest article pretén donar visibilitat i retre homenatge a la tasca feta pels espeleobussejadors que al llarg de cinquanta anys han realitzat exploracions i recerques a les coves subaquàtiques de Mallorca. El pas inexorable del temps va esborrant el paper que han desenvolupat cada un d'ells en descobrir, topografiar i estudiar el patrimoni natural subterrani. Evitar l'esvaïment del seu record ens ha motivat a fer aquesta recopilació. Les primeres incursions s'efectuen entre els anys 1971 i 1977 per catalans i mallorquins a diferents coves litorals de la zona de mescla i galeries de drenatge d'aigua dolça, amb molt minses penetracions. Entre 1978-1987 se realitzen diverses campanyes alemanyes i txeques a la cova dels Estudiants. En un tercer període, entre darreries dels vuitanta i començaments dels noranta (1986-1992), tornen les immersions mallorquines que fan espeleobusseig com a cosa excepcional, sense esser la seva activitat habitual, ja que es tracta d'espeleòlegs, escaladors o bussejadors. Se centren en la cova dels Estudiants, la cova des Bastons i la cova des Pas de Vallgornera, a més a més de mitja dotzena de grutes submarines pollencines. Un quart període correspon a les campanyes britàniques entre 1988 i 1997, efectuades per especialistes en grutes submergides, que se dediquen tant a les galeries de drenatge de la serra de Tramuntana com a cavitats de la zona de mescla litoral. El darrer període correspon a l'espeleologia subaquàtica mallorquina, que arranca el 1994 fins a l'actualitat i és duta a terme per mallorquins o residents especialitzats en aquesta disciplina que la practiquen de forma habitual. S'aconsegueix descobrir i documentar importants coves litorals que han suposat un increment considerable de la riquesa subterrània de Mallorca. S'han elaborat 80 fitxes individuals a on s'ha arreplegat el legat aportat per cada bussejador de coves del qual disposam d'informació.

**Paraules clau:** *espeleologia subaquàtica, espeleobussejadors, Mallorca, Illes Balears.*

FIFTY YEARS OF UNDERWATER CAVING IN MALLORCA (1971-2021): HUMANS, WATER AND CAVES. This article is a tribute to those speleologists who have developed underwater cave explorations at Mallorca during the last fifty years; at the same time that we pretend to give visibility and prominence to their work. As time passes, their specific role in cave exploration, mapping and many other contributions to the subterranean karstic heritage gradually faint and disappear. Against this background we stamp this historical compilation. The pioneering underwater speleological exploration at Mallorca can be separated, at least, in five activity periods. The first underwater speleological incursions were developed between 1971 and 1977 by Catalan and Mallorcan speleodivers in different coastal caves. All these caves exhibited very little penetration and were related with the mixing zone and freshwater drainage galleries. Later, between 1978-1987 several German and Czech campaigns were carried out in the Cova dels Estudiants. A third period, between the end of the eighties and the beginning of the nineties (1986-1992), stands out because Mallorcan people returned to dive inside

the caves as an exceptional practice, since it was not their usual activity, as they were speleologists, climbers or just marine divers. During this period, this group of speleologists focused on the Cova dels Estudiants, the Cova dels Bastons and the Cova des Pas de Vallgornera, as well as half a dozen submarine caves along the Pollença area. A fourth period corresponds to the British campaigns carried out between 1988 and 1997, and executed by specialists in submerged caves. They explored both, the drainage galleries of the Serra de Tramuntana and cavities in the coastal mixing zone at Eastern Mallorca. The last period corresponds to the institutionalization of the underwater caving at the Island. This period started in 1994 and continues until now. Exploration is carried out by Mallorcan people or foreigners' residents in the island, both specialized in this discipline and practicing it on a regular basis. This fact has permitted to discover and document important coastal caves. All of that have led to a considerable increase in the knowledge of the underground heritage of Mallorca. Finally, this paper presents eighty individual cards showing the legacy provided by each cave diver and compiling all the available information on their activities and contributions.

**Keywords:** *underwater caving, speleologists, Mallorca, Balearic Islands.*

*Francesc GRÀCIA i Joan J. FORNÓS; Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: [xescgracia@yahoo.es](mailto:xescgracia@yahoo.es); Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. Email: [joan.fornos@uib.cat](mailto:joan.fornos@uib.cat)*

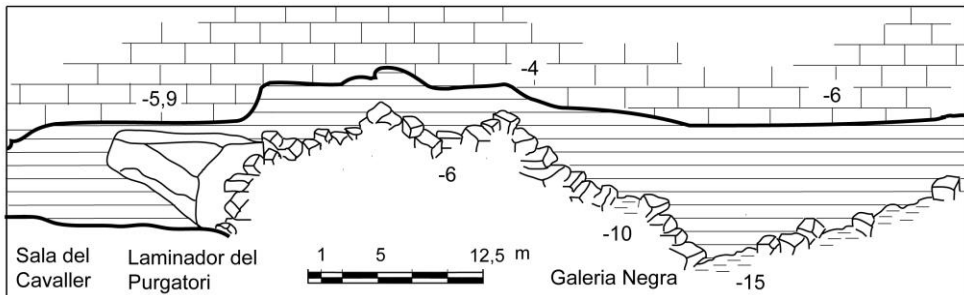
## Introducció

La intenció d'aquest article no és dissertar sobre les coves subaquàtiques de Mallorca, importants i fascinants, a les quals ja s'han dedicat moltes publicacions. Anem a intentar invertir l'objectiu de la càmera i apuntar a les persones que han permès descobrir i documentar aquestes grutes. Sovint s'ha tractat de les exploracions de coves en concret als apartats introductoris d'història de les exploracions, sempre fent especial menció de les exploracions que van precedir. En part és un intent de que la seva tasca, més o menys important en funció del temps i de l'energia que han dedicat, no quedi esborrada per l'erosió del temps. Ja ha arribat al mig segle a Mallorca, la història d'aquesta branca de l'espeleologia: l'espeleologia subaquàtica, busseig espeleològic o espeleobusseig. Les seves files s'han nodrit d'espeleòlegs que han après a bussejar o bé de bussejadors que s'han interessat per les grutes inundades. Els primers, espeleòlegs gran coneixedors de les cavitats, han hagut d'aprendre a fer servir les tècniques i eines del busseig per poder continuar les recerques més enllà de les aigües que impedeixen la progressió. Els segons, escafandristes de la mar, amb poc coneixement de les coves, el seu domini de les tècniques i materials del busseig els ha dut a profunditzar en un medi molt diferent de fosc, estretors i roca. Ha estat una convergència d'interessos molt profitosa i que ambdós col·lectius, de procedències molt dispars i de mons totalment diferents han aportat valors sumatoris per poder permetre l'exploració de les coves sotaiguades.

L'aportació dels protagonistes al coneixement de la nostra geografia subterrània s'ha fet des de molts de caires diferents. En primer lloc el purament exploratori, faceta imprescindible i primerenca per poder saber el que hi ha sota terra. Les coves "van creixent" a mesura que es descobreixen i els fils-guies es van deixant instal·lats a mode de carreteres i camins per poder arribar de cada cop més enllà. Moltes troballes s'han fet després de superar passos angosts, en ocasions desobstruint accessos que blocs, formacions estalagmítiques o fins i tot acumulacions de fang havien barrat. Les coves de Mallorca en



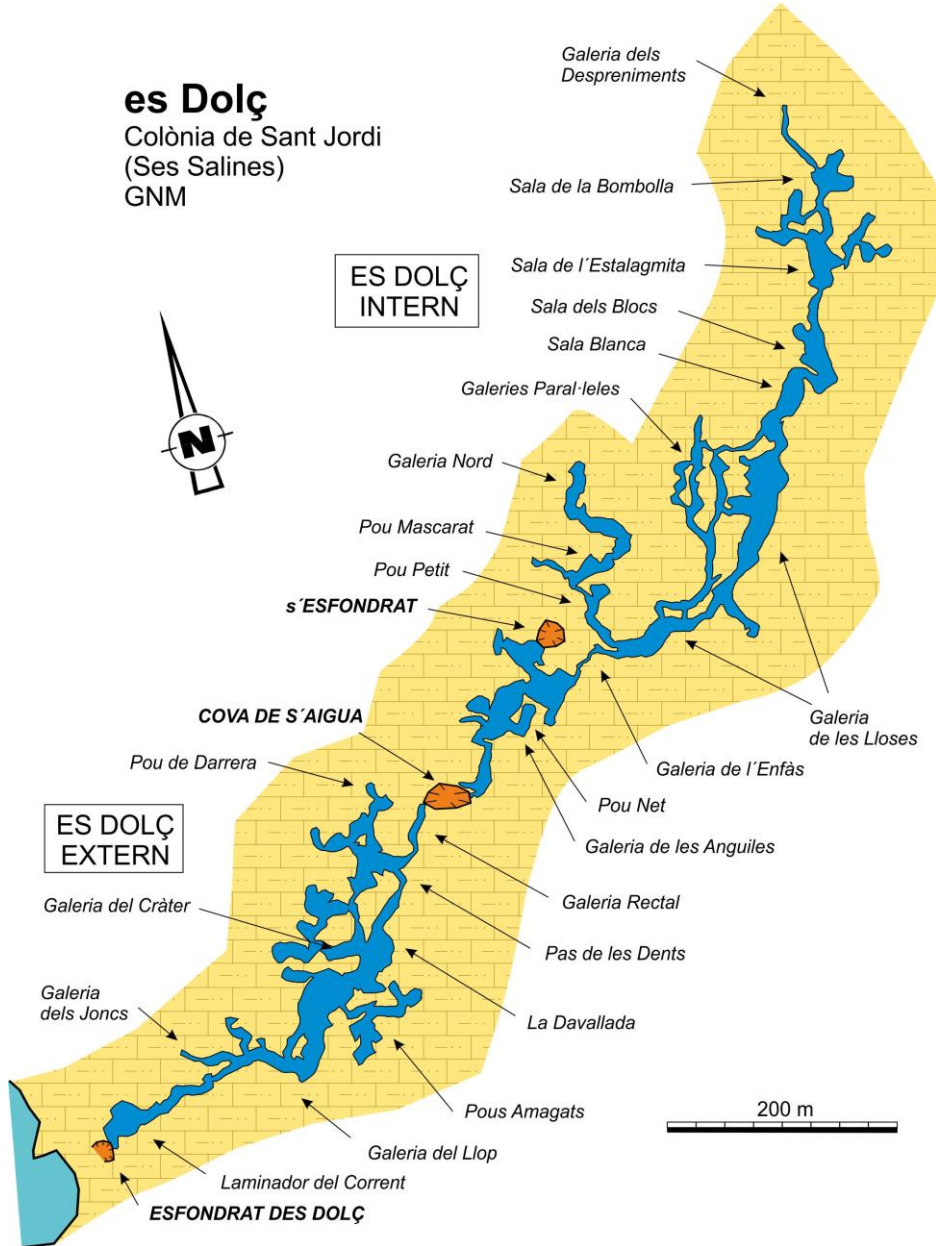
general ho posen difícil a l'espeleòleg subaquàtic ja que la major part de descobriments importants s'han fet després de superar accessos complicats i dificultosos (Fig. 1). Una vegada detectats i instal·lats aquests passos sembla que no hagin estat difícils de trobar i accedir, però això és del tot fals. S'ha de tenir coratge, sang freda, determinació i control mental per temptejar, explorar i superar aquestes restriccions, sovint en condicions de visibilitat extremes. Els resultats de les tasques exploratòries no poden ésser més satisfactòries, s'ha aconseguit posicionar aquestes cavitats com les de major recorregut de les Balears (Gràcia i Clamor, 2002; Gràcia *et al.*, 2007b; 2009c; 2011).



**Fig. 1.** Detall de la secció del *Laminador del Purgatori*, al final de la *galeria Negra* a la *cova des Drac de Cala Santanyí*. Exemple de dificultat exploratòria, en aquest cas per superació de passos estrets a causa d'un esfondrament. Explorada entre 1997 i 1998.

*Fig. 1. Detail of the Laminador del Purgatori section, at the end of the Galeria Negra at Cova des Drac de Cala Santanyí explored between 1997 and 1998. Example of difficulties in exploration, in this case due troubles to overcoming narrow steps due to a collapse.*

En segon terme s'ha d'efectuar la documentació topogràfica per traslladar als mapes les dimensions i característiques de les coves, sense topografia no hi ha autèntica exploració, ja que és la manera de poder divulgar i quantificar les noves troballes. Les exploracions de les complexes cavitats, especialment les litorals, es fan a mesura que la topografia avança, ja que és una eina del tot imprescindible per relacionar sectors de les coves i trobar possibles continuacions i connexions (Fig. 2). La superposició de la fotografia aèria amb les topografies permet veure la relació amb la superfície i la proximitat a altres coves, al litoral o a dolines d'esfondrament. La fotografia també és una eina imprescindible per compartir i mostrar els àmbits subterranis sota l'aigua. En un ambient on no se pot comunicar amb els companys, on el sediment s'alça amb facilitat i la visibilitat pot desaparèixer o la visió sembla desenfocada per les haloclines, és una autèntica gesta aconseguir imatges de qualitat. També hi ha especialistes en filmació que han contribuït de forma eficient a documentar les coves i divulgar els seus valors i bellesa. Sempre hem partit de la premissa que no es pot protegir el que no es coneix i d'aquesta manera es pot apreciar i valorar. Les coves subaquàtiques són ambients només accessibles per a unes poques persones, per la qual cosa la seva documentació és del tot primordial. També cal realitzar prospeccions de fauna, recollida de restes arqueològiques, mostres litològiques, de sediments, d'observació de morfologies de corrosió, registrament de paràmetres hídrics i atmosfèrics de les sales aïllades per sifons són alguns dels aspectes que s'han treballat sovint.



**Fig. 2.** Topografia de *es Dolç*, on figura la toponímia detallada. En color blau les galeries sotaiguades i color marró les tres entrades terrestres producte d'esfondraments. Explorada entre 2012 i 2014.

**Fig. 2.** Survey of *es Dolç*, where the detailed toponymy appears. Underwater galleries (blue) and the three main entrances (brown) that are the result of the collapse of galleries. Explored between 2012 and 2014.

Hem de reconèixer que s'ha après molt amb aquesta recopilació, revisant la feina de companys d'exploració i d'altres espeleòlegs que amb els mitjans de cada època i les possibilitats personals van fer el que varen poder per seguir endavant, amb l'esperit de pioners, de poder arribar més endins dins les coves de Mallorca i incrementar aquest valuós patrimoni natural i cultural.

S'ha procedit a fer una fitxa per espeleobussejador, ordenades alfabèticament a partir del primer llinatge. La seva extensió és molt desigual i depèn dels anys dedicats, de la feina efectuada i dels resultats aconseguits, ja que en alguns casos són aportacions esporàdiques i d'altres d'espeleobussejadors consagrats en aquesta activitat al llarg de dècades. No s'ha tingut en compte les tasques dels protagonistes en espeleologia terrestre, per no fer encara més extens l'article. Demanam les més sinceres disculpes per les indubtables omissions de persones o de tasques no reflectides als historials. De ben segur que s'ha fet molt més del que apareix escrit en aquest aplec.

La feina d'elaboració de cada historial ha estat llarga i no exempta de dificultats. S'han consultat articles publicats, diaris d'exploracions, entrevistes personals i informació d'internet. També hem aplegat fotografies d'exploracions dels protagonistes, moltes d'elles inèdites que representen recuperar una petita part del passat d'aquesta disciplina. Curiosament les fotografies de grup, preses a l'entrada, o fent preparatius d'immersions als llacs d'accés i sense massa pretensions, en el present constitueixen autèntiques joies documentals, molt més que les fotografies de les coves en sí, actualment superades per la millora de les càmeres o de la il·luminació. Vagi per tots els protagonistes el nostre més sincer reconeixement i la màxima admiració.

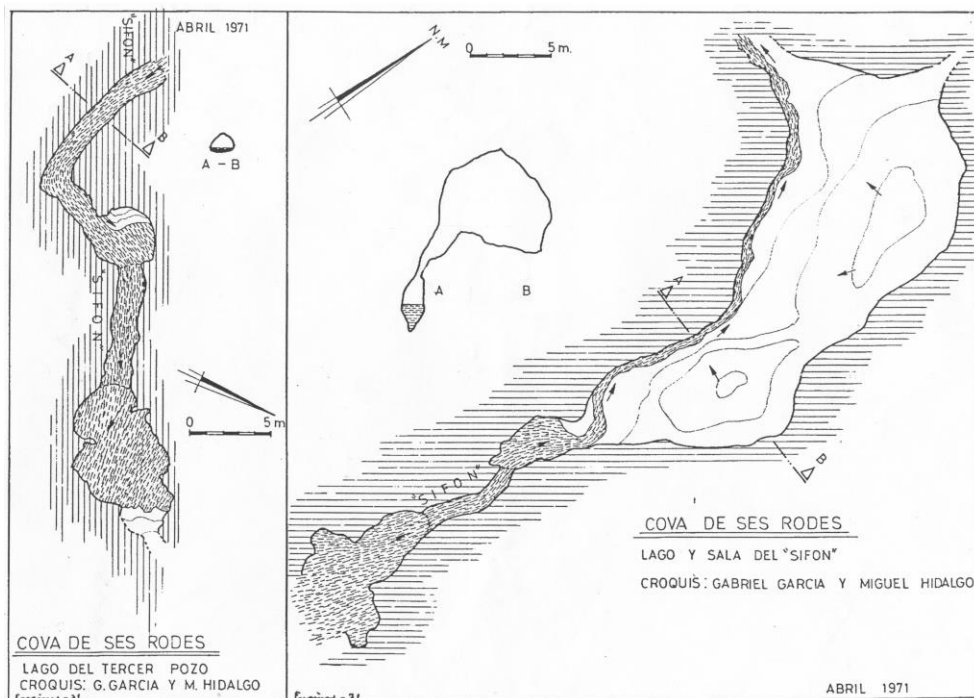
Primer cal ubicar les exploracions subaquàtiques dins les exploracions de l'espeleologia de les illes Balears en general, aquestes es divideixen en cinc etapes: la pre-espeleologia (fins el 1895), els pioners (1896-1945), les campanyes espeleològiques catalanes (1945-1965), l'espeleologia mallorquina convencional (1966-1993) i l'impacte de l'espeleologia subaquàtica mallorquina (1994-2021), divisió basada en els articles de Ginés (1993) i ampliada per Vicens i Pla (2001), Ginard *et al.* (2011). Podem dir que les primeres incursions subaquàtiques dels anys 1971 i 1972, malgrat pertànyer cronològicament a l'època de l'espeleologia mallorquina convencional (1966-1993), formarien part de les campanyes espeleològiques catalanes, només que uns pocs anys endarrerides. Les altres incursions dels anys 70, les exploracions alemanyes, les immersions mallorquines dels anys vuitanta, la campanya txeca, les campanyes dels britànics i les immersions mallorquines a la *cova des Pas de Vallgornera* de 1991 i 1992 formarien part cronològicament de l'etapa de l'espeleologia convencional. A partir del 1994 entram dins l'impacte de l'espeleologia subaquàtica mallorquina la qual s'inicia amb els treballs a la *cova des Coll* i que coincideix amb el descobriment de grans extensions aèries a la *cova des Pas de Vallgornera*. Aquesta darrera etapa es caracteritza per l'aparició d'espeleòlegs mallorquins o residents a Mallorca que s'especialitzen en aquesta disciplina com a activitat habitual.

## **Etapes de l'espeleobusseig a Mallorca**

### ***Les primeres incursions: 1971-1977***

Els catalans del grup del *Departamento de Actividades Científicas de la FEDAS* (*Federación Española de Actividades Subacuáticas*), visiten Mallorca en dos anys

successius, el 1971 i 1972. Podríem dir que són una prolongació, una mica amb retràs, de les campanyes espeleològiques catalanes. Gabriel García i Miquel Hidalgo als sifons de la *cova de les Rodes* l'any 1971 (Fig. 3); Lluís Astier i J. Cerdà a les *coves del Pirata* l'any 1972; G. García, M. Hidalgo, J. Cerdán i L. Astier a la *cova Marina des Pont* l'any 1972.



**Fig. 3.** Croquis del llac del Tercer Pou i de la sala del Sifó efectuats a la immersió de l'any 1971 per Gabriel García i Miquel Hidalgo a la *cova de les Rodes*. Primera topografia d'una zona espeleosubaquàtica de Mallorca.

**Fig. 3.** Llac del Tercer Pou and the Sala del Sifó sketches drawn in 1971 by Gabriel García and Miquel Hidalgo in the *Cova de les Rodes*. This was the first published survey made by speleodivers of Mallorca.

A començament d'aquesta dècada s'afegeixen en aquesta activitat mallorquins o residents a Mallorca, bé siguin espeleòlegs o escaladors. Francesc Ripoll i Lluís Roca a la *cova de ses Sitjoles* o pou de Can Carro l'any 1973; Miquel Garau a la *cova dels Estudiants* l'any 1974; F. Ripoll i Adolfo Gregorio a la *font des Verger* entre els anys 1971-76 (Fig. 4) i el primer a la *cova de sa Gleda* el 1974 (Fig. 44). També forma part d'aquestes primeres incursions la filmació del català Eduard Admetlla a les *coves del Drac* l'any 1977 (Fig. 7). S'ha de dir que són objecte de les seves incursions tant les galeries de drenatge d'aigua dolça de l'interior, com les coves de la zona de mescla litoral.

### ***Campanyes alemanyes i txeqes a la cova dels Estudiants: 1978-1987***

De la campanya alemanya no es té gairebé informació d'aquest col·lectiu, ni de l'any exacte, però sí del que varen fer a la *cova dels Estudiants*. Bärbel Grupp i Franz-Jörg Krieg entre el 1978 i 1985. Aquests, a l'igual que els alemanys, ja són especialistes en exploracions subaquàtiques de sifons.



**Fig. 4.** Adolfo Gregorio (dreta), Kiko Ripoll i Assumpció Juaneda a l'exterior de la *font des Verger*, possiblement l'any 1973. Van acudir cada estiu d'entre 1972 i 1976 (Arxiu Francesc Ripoll).

**Fig. 4.** Adolfo Gregorio (right), Kiko Ripoll and Assumpció Juaneda at the Font des Verger entrance, possibly in 1973. They worked there every summer between 1972 and 1976 (Francesc Ripoll Archive).

La campanya txeca va esser l'any 1987. Lukás Slezáck i altres companys del grup *Ceská Speleologická Spolecnost* aconseguen superar el *tercer sifó* de la *cova dels Estudiants* (Fig. 46).

### ***Immersions mallorquines de darreries dels vuitanta i començaments dels noranta: 1986-1992***

En aquesta fase són bussejadors, espeleòlegs o escaladors mallorquins o residents, però que, ben igual que a les primeres incursions dels anys 70, fan espeleobusseig com a cosa excepcional, sense esser la seva activitat habitual.

Un col·lectiu se centra especialment en la *cova dels Estudiants*, cavitat dolçaquícola i també a la *cova des Bastons*, cavitat litoral. Martí Ginart, Ana Maria Abril, David Rotger, Jaume Oliver "Jimmy Estómac", José Maria Álvarez "Jopelas", Josep Lluís Castelló "el Buitre Galopante", Daniel Ruíz, Antoni Salom a la *cova dels Estudiants* els anys 1986, 1987 i 1988 (Figs. 12 i 45); M. Ginart i J.M. Álvarez a la *cova des Bastons* l'any 1987

(Figs. 10 i 11). En ambdues cavitats ajudats per molts de col·laboradors terrestres per transportar l'equipament.

Per altra banda tenim a S. Bendito del Diving Center Formentor, el qual en solitari, topografia sis grutes submarines del litoral pollencí entre els anys 1988 i 1991, aquestes són la *cova d'en Jeroni*, la *cova de les Dues Portes*, la *cova de l'Illa de Formentor*, la *cova de Luís Candelas*, la *cova Ese* i la *cova dels Ponts*.

En tercer lloc, escafandristes membres del CAS Tritón que es veuen motivats per explorar i topografiar la *cova des Pas de Vallgornera* entre els anys 1991 i 1992. Els participants són: Adolfo Triay, Jaume Serra, Carlos Huerta, Patricio Anguera, Aníbal Alonso, Pilar López i José Guindos (Fig. 8).

### ***Les campanyes britàniques: 1988-1997***

Espeleobussejadors britànics, la majoria del *Cwmbran Caving Club*, realitzen nombroses campanyes a les coves mallorquines. Steve Ainley i Owen Clarke a la *cova Genovesa* l'any 1988; O. Clarke, John Cooper i Richard Lloyd a la *cova des Pont* l'any 1988; Ian Williams, Sean Doughton, Charles Bailey i Lynne Bailey a la *cova dels Ases*, *cova des Pont* i la *cova des Serral* el 1989 (Fig. 19); O. Clarke, I. Williams i Dave Blenkinsop al *dolç de Cala Murta*, *cova des Serral*, *cova de sa Gleda*, *coves del Drac* i *cova dels Ases* l'any 1990; O. Clarke, I. Williams i Kenny Passant a les *coves del Drac* l'any 1991 (Fig. 50); I. Williams, T.E. Nixon i O. Clarke a la *cova dels Estudiants* l'any 1993 (Fig. 51); Ian Williams, O. Clarke i E. Petts a la *cova des Pas de Vallgornera*, *cova dels Estudiants*, *dolç de Cala Murta* i *font des Verger* l'any 1994; Martyn Farr a la *font des Verger* el 1995; Martyn Farr, Patrick Cronin, O. Clarke i Gareth Hardman a la *cova de sa Gleda*, *cova des Coll*, *cova des Serral*, entre d'altres l'any 1996; Joel Corrigan a la *font des Verger* el 1997 i aquest mateix any O. Clarke connecta la *cova de la Font* amb l'*avenc de la Font*.

### ***L'espeleologia subaquàtica mallorquina: 1994-2021***

Aquesta època es diferencia de les altres en que són espeleòlegs mallorquins o residents a Mallorca els que s'especialitzen en busseig dins coves i la practiquen com a activitat habitual (Fig. 5). S'han establert cinc fases per caracteritzar cada període, en funció dels participants que més han treballat en aquests intervals temporals. No s'ha escrit el llistat exhaustiu dels protagonistes i potser que aquests hagin fet tasques puntuals fora de les dates assenyalades. En alguns casos la coincidència és purament temporal, però sense haver fet feines de forma conjunta a les mateixes cavitats o als mateixos equips de feina. Els grups als quals pertanyen en la primera fase són la Secció Espeleològica del Grup Excursionista de Mallorca i el Grup Nord de Mallorca (1994-1996) i a partir de la segona fase fins les darreries de la quarta fase s'agrupen majoritàriament en el Grup Nord de Mallorca (1997-2016) i posteriorment en la Societat Espeleològica Balear (2017-2021). S'ha de fer constar que de forma individual alguns formen part d'altres entitats espeleològiques.

**1a fase, 1994-1996:** Francesc Gràcia ("Xisco"), Peter Watkinson, (1994-97), Robert Landreth (d'ençà de 1995), Owen Clarke (1995-96 amb els espeleobussejadors locals) i Bernat Clamor (d'ençà de 1996). Es treballa principalment en la *cova des Coll* (1994-96) i en la *cova dels Ases* (1994-96), així com en coves submarines del litoral de Felanitx (Figs. 20, 37 i 49).





**Fig. 5.** Exploracions a la cova des Pas de Vallgornera dins l'etapa de l'espeleologia subaquàtica mallorquina (1994-2021, foto M.A. Perelló).

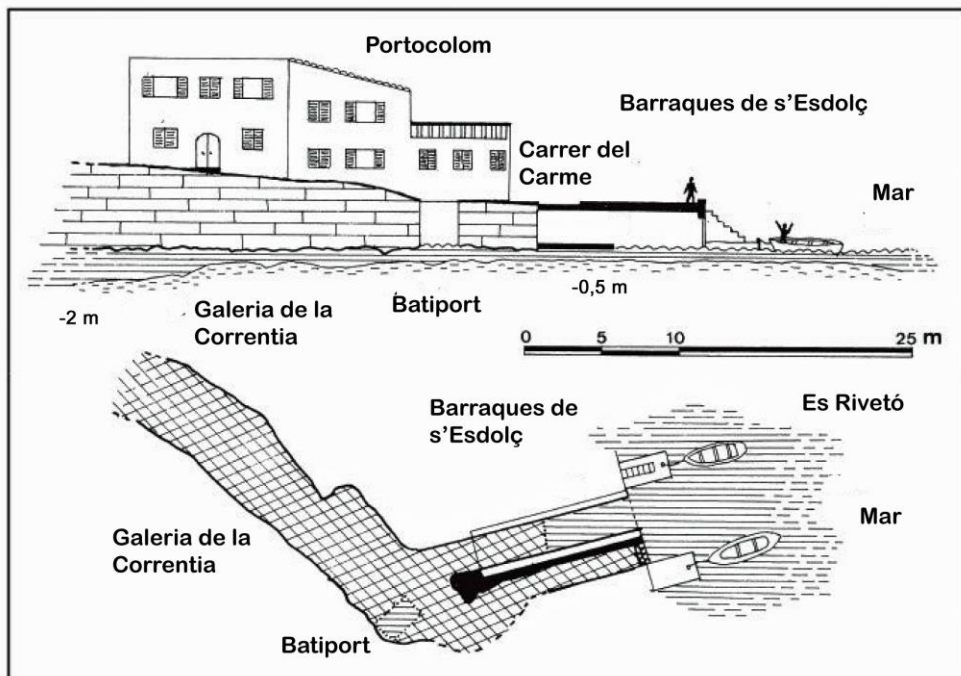
*Fig. 5. Explorations in Cova des Pas de Vallgornera during the period known as Mallorcan underwater caving (1994-2021, photo M.A. Perelló).*

**2a fase, 1997-2001:** Bernat Clamor, Francesc Gràcia, Juanjo Lavergne (1997-2001) i Pedro Gracia (1998-2005). Les cavitats objecte de recerca preferent són la *cova des Drac de Rafal des Porcs* (1996-97), la *cova d'en Bassol* (1996-98), la *cova des Drac de Cala Santanyí* (1997-98), la *cova de sa Gleda* (1997-2001), la *font de ses Aiguades* (1998-2000), la *cova de Cala Varques ACD* (1997-2000) i la *cova de Cala Varques B* (1997-2000). (Fig. 38).

**3a fase, 2002-2012:** Francesc Gràcia, Bernat Clamor, Miquel Àngel Perelló, Miquel Àngel Vives (d'ençà de 2004), Miquel Àngel Gual (2001-03), Mateu Febrer (2004-2010), Pere Gamundí (2006-2014), Antoni Cirer (d'ençà del 2009) i Jaume Pocoví (2009-2014). Es fa feina sobretot a la *cova de sa Gleda* (2003-2012), la *cova Genovesa* (2000-03), la *cova des Coll* (2003-05) (Fig. 6), la *cova de sa Punta des Moro* (2003, 2005, 2009), la *cova de s'Abisament* (2005-06), el *sistema Pirata-Pont-Piqueta* (2005-06), la *cova des Pas de Vallgornera* (2007-11), la *cova des Serral* (2008-11) i la *cova de ses Tortugues* (2011-12). (Figs. 13 i 24).

**4a fase, 2013-2017:** Antoni Cirer, Francesc Gràcia, Miquel Àngel Perelló, Bernat Clamor, Juan Carlos Lázaro (d'ençà de 2014), Nicolás Betton (2013-16), Jhon Freddy Fernández (d'ençà de 2012), Anders Kristoffersson (2013-19), Miquel Àngel Vives, Guillem Mulet, Guillem Mascaró (d'ençà de 2014), Davide Ansaldi (d'ençà del 2014), Joan Pérez (d'ençà de 2015). Es treballa a la *cova de sa Gleda* (*sistema Gleda-Camp des*

*Pou*) (2013-15), la cova de sa Piqueta (sistema Pirata-Pont-Piqueta) (2012-2017), es Dolç (2012-14), la cova de sa Punta des Moro (2013-14), les coves del Drac (2013-2019), la cova dels Ases (2014) i la cova des Pas de Vallgornera (2014-16). (Figs. 14, 18, 29, 40 i 42).



**Fig. 6.** Detall de la surgència a la mar de la cova des Coll (barraques de s'Esdolç), explorada el 1996 fins connectar amb les zones interiors.

**Fig. 6.** Detail of the sea spring of the Cova des Coll (s'Esdolç huts), explored in 1996 until connect it with the inland cave areas.

**5a fase, 2018-2021:** Miquel Àngel Perelló, Jhon Freddy Fernández, Francesc Gràcia, Guillem Mascaró, Davide Ansaldi, Joan Pérez, Miquel Àngel Vives, Dirk Bornneman, Nick Franglen (d'ençà del 2018), Álvaro Granell (d'ençà del 2018), Tim Bornneman (d'ençà del 2020), Sebastián Ventura (d'ençà del 2020) i Auba Borràs (d'ençà del 2021). Les recerques s'efectuen principalment acabant tasques a les *coves del Drac* (2013-2019), a la *cova dels Ases* (2019-2021), al sistema *Gleda-Camp des Pou* (2019-2021), la *cova de sa Piqueta* (sistema Pirata-Pont-Piqueta) (2019-2020), la *cova des Pas de Vallgornera* (2020-21), la *font de ses Aiguades* (2019 i 2020) i la *cova des Serral* (2020-21) (Fig. 27).

La història que s'escriu només fa referència a les tasques d'aportacions inèdites al coneixement de les cavitats sotaiguades de les quals hi ha constància escrita o provinent de fonts fidedignes. No s'ha fet menció de les tasques docents d'espeleobusseig ni visites de passeig.

Hem fet servir acrònims, les inicials de noms i llinatges per no haver de posar el nom complet cada vegada que es fa referència a una persona que surti sovint. Només dels més esporàdics es posa el nom sencer. Per saber a qui correspon les sigles s'ha de cercar per ordre alfabètic del primer llinatge (segona sigla o tercera en cas de noms compostos) i després per ordre alfabètic del nom (primera o dues primeres sigles en cas de noms compostos). En cas de coincidències de sigles de nom i llinatge s'ha afegit l'inicial del segon llinatge per diferenciar les dues persones. Sempre que ha estat possible s'ha indicat la data de naixement i la localitat. Sovint, a les coincidències de tasques de grups de persones, s'ha indicat que es consulti la fitxa d'un espeleòleg de referència per no repetir el mateix text a diferents fitxes molt semblants. A la cinquena fase s'han afegit recentment nous participants dels quals no s'ha fet encara fitxa personal, encara que s'han anomenat dins del període temporal. Entre parèntesi figuren els acrònims dels altres companys que van fer feina a la cova a la mateix època.

Altres acrònims utilitzats sovint són: Societat Espeleològica Balear (SEB), Grup Nord de Mallorca (GNM), Federació Balear d'Espeleologia (FBE), Speleo Club Mallorca (SCM), Grup Excursionista de Mallorca (GEM), *Cwmbran Caving Club* (CCC), Grup Espeleològic de Llubí (GELL), Grup d'Arqueologia Subaquàtica (GAS), Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA), Universitat de les illes Balears (UIB), Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS), Grupo Especial de Actividades Subacuáticas de la Guardia Civil (GEAS), Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB).

## **Espeleobussejadors que han fet tasques a les cavitats mallorquines**

### **Ana Maria Abril Duro (AMA)**

Jaén, 1964. Doctora en biologia, instructora de busseig i professora associada de la UIB. Directora i coordinadora del títol propi de la UIB de Busseig Científic. Participa els anys 1986 a 1987 en diverses expedicions a la *cova dels Estudiants*, en part com a bussejadora de suport, per transportar l'equipament a través del *sifó 2* i la *galeria del Suplici* fins al *sifó 3*. També va davallar fins al *pas del Tap*, a -53 m amb fort corrent en la cinquena immersió de l'interclub GEM-Triton amb MG (consultar Martí Ginart; Bohigas, 1986; Anònim, 1991). (Fig. 12).

### **Eduard Admetlla i Lázaro**

Barcelona, 1924-2019. Pioner de l'exploració submarina a Catalunya i a l'estat espanyol. S'inicia en el submarinisme el 1948, soci fundador el 1950 del Centre de Recuperació i d'Investigacions (CRIS). El 1957, a la base naval de Cartagena, aconsegueix el rècord mundial de descens individual amb escafandre autònom d'aire comprimit baixant fins als 100 m de profunditat. Inventor de caixes estanques per a càmeres fotogràfiques i d'un prototip d'escafandre autònom i provador de material de submarinisme per a la casa Nemrod. President de la Federació Catalana d'Activitats Subaquàtiques i també membre d'honor de la *Historical Diving Society Spain*. Escriu cinc llibres on descriu les seves experiències submarines: *La llamada de las profundidades*, *Mis amigos los peces*, *¡Fondo!*, *Tierras y profundidades* i *Mi aventura submarina*. Es professionalitza, amb la fundació de la productora Volitans Films, S.L., amb la qual filma les sèries: *La llamada de las*

*profundidades*, rodada a les illes Seychelles; *Nuestras islas*, rodada a les illes Balears i les Canàries, i *Tierras y profundidades*, al Carib. Totes emeses per Televisió Espanyola. A més a més, per a Televisió TV3 enregistra la sèrie documental *La natura en profunditat*.

També és un pioner al busseig en coves, com és el cas de la *Falconera* a Catalunya. Així mateix és un precursor de l'espeleobusseig a Balears amb les seves immersions als anys 50 a la *cova des Pont d'en Gil* (Menorca) i la *cova de sa Llumeta* (Conillera). La primera constància d'immersions als llacs de les *coves del Drac* la tenim a les imatges enregistrades d'Eduard Admetlla al *llac Miramar* l'any 1977, a on se li veu a la vorera del llac amb dos companys més, disposats a submergir-se (Gràcia *et al.*, 2018a). Aquest busseig apareix al segon capítol de la sèrie *Nuestras Islas* de Televisión Española, que tracta de l'illa de Mallorca (Fig. 7). Però no es tractava de cap exploració, tal com informa Eduard, ni amb equip especialitzat, ni tampoc per documentar amb mapes el que es veia. Únicament es registren imatges sotaiguades dels llocs més propers al *llac Miramar* i al *canal Blau* (*sector Subaquàtic de Ponent*).



**Fig. 7.** Preparatiu de la immersió efectuada l'any 1977 al *llac Miramar* per l'equip d'Eduard Admetlla, pioner del busseig i espeleobusseig a Espanya. *Televisión Española* va realitzar un reportatge de la immersió per al programa *Nuestras Islas*.

*Fig. 7.* Preparation for a diving campaign in *Llac Miramar* in 1977 by the team of Eduard Admetlla, the pioneering Spanish sea- and cave-diver. *Televisión Española* broadcasts a report about this dive for the "Nuestras Islas" documentary series.

L'any 2012, als 88 anys, acudeix a Mallorca de la mà de Carmen Portilla de Televisió Espanyola (TVE) i de Josep Maria Castellví per fer una immersió a la *cova de sa Gleda* (FG,



MAP, MAV, PG). Es posen en contacte amb membres del GNM, que ja coneixien de realitzar episodis de *Al Filo de lo Imposible* (TVE) l'any 2006. Es registren imatges per part de Miquel Àngel Perelló i també de Josep Maria Castellví. Part de les imatges, altrament de sortir als medis locals de IB3, es fan servir per fer un documental de 20 minuts d'aquesta immersió *De la bellesa i el temps*, que és mereixedor de diversos guardons, entre ells Premi d'Honor del BCN Sports Film 2013.

### Steve Ainley

Regne Unit. Amb Owen Clarke, ambdós membres del CCC, realitzen la primera immersió a la cova *Genovesa* el 1988. Se submergeixen al llac d'entrada i volten, una seixantena de metres cap a l'oest, la *sala de les Ratapinyades* (*galeria dels Gal·lesos*), però sense aconseguir sortir de l'esfondrament, ja que en realitat no és més que la continuació sotaiguada de la sala abans esmentada (Ainley, 1988). Parlen, sense èxit, amb l'encarregat de les *coves del Drac* per veure si aconseguen permís per escodrinyar els llacs de la cova. En acabar la campanya acaba comentant que s'estima més bussejar a les coves de Gran Bretanya que a les de Mallorca per la calor, l'elevada concentració de diòxid de carboni que posseeixen moltes cavitats mallorquines i l'absència d'equips de rescat a l'illa.

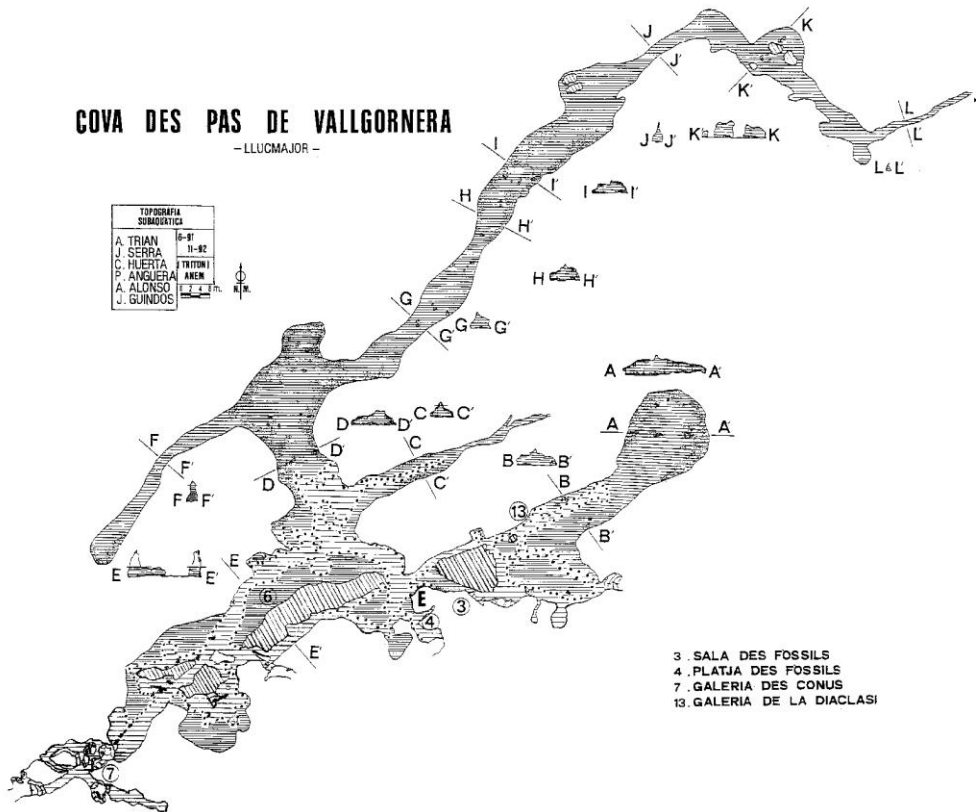


**Fig. 8.** Membres del CAS Tritón a la cova *des Pas de Vallgornera*. Entre els anys 1991 i 1992 van participar a les primeres exploracions subaquàtiques: Adolfo Triay, Jaume Serra, Carlos Huerta, Patricio Anguera, Aníbal Alonso, Pilar López i José Guindos (Foto Jaume Serra).

**Fig. 8.** Members of the CAS Tritón in Cova *des Pas de Vallgornera*. Between 1991 and 1992, Adolfo Triay, Jaume Serra, Carlos Huerta, Patricio Anguera, Aníbal Alonso, Pilar López and José Guindos took part in the first underwater explorations (Photo Jaume Serra).

**Aníbal Alonso Homar (AA)**

Palma, 1958. Membre del CAS Tritón. Instructor d'instructors i propietari del centre Isurus. Realitza les primeres immersions els anys 91 i 92 a la *cova des Pas de Vallgornera* (Fig. 8). A l'equip també formen part Adolfo Triay, Carlos Huerta, Patricio Anguera, Jaume Serra, José Guindos i Pilar López. Exploren i fan la topografia de les galeries inundades del *sector Antic de la cova des Pas de Vallgornera* (Fig. 9). Reconeixen principalment dues branques, el *sector Occidental*, d'uns 250 m de longitud i direcció predominant NE i el *sector Oriental* que s'atura en una àmplia zona molt decorada, als 70 m de distància respecte al llac d'entrada (Merino,1993; Gràcia *et al.*, 2009a).



**Fig. 9.** Topografia efectuada entre 1991 i 1992 a la *cova des Pas de Vallgornera* al sector Antic.

*Fig. 9.* Topographic survey carried out between 1991 and 1992 in the *Cova des Pas de Vallgornera* in the Sector Antic.

**José María Álvarez Rodríguez de la Flor “Jopela” (JMA)**

Lleó,1955. D'ençà de 1969 resideix a Mallorca. Entre 1973 i 1977 puja a diversos cims espanyols i organitza nombroses expedicions mallorquines als Alps (1978-79), al mont Kènia (1980), als Andes de Perú (1981), a l'Atlas (Marroc, 1985), al volcà Sangay (Equador, 1988) i a l'Himàlaia (Tibet, 1990). El 1998, aconseguí fer el cim del Mont



Vinson a l'Antàrtica, en solitari i al mont Elbruss (Càucus) el 2001. El 2003 puja al Kilimanjaro (Tanzània) i el 2007 assoleix la piràmide de Carstensz (Oceania). D'altra banda ha fet diverses travesses en *mountain-bike* com la de l'Alt Atlas (Marroc) fins al desert de Zagora (1992), la de Tassili a les muntanyes del Hoggar (1993), la d'Addis Abeba (Etiopía) fins a Libela (1995) i l'illa de Borneo (1997).



**Fig. 10.** José M<sup>a</sup> Álvarez “Jopelas” (sense casc) i Martí Ginart en el llac d’entrada. Primera immersió a la *cova dels Bastons* l’any 1988 (Arxiu José M<sup>a</sup> Álvarez).

**Fig. 10.** José M<sup>a</sup> Álvarez “Jopelas” (without helmet) and Martí Ginart at the lake entrance. First immersion in the *Cova dels Bastons* in 1988 (José M<sup>a</sup> Álvarez Archive).

Membre del GEM, els anys 1985, 86 i 87 explora amb en Jaume Oliver i Martí Ginart els primers sifons de la *cova dels Estudiants* (consultar Martí Ginart, Fig. 45). L’any 1988 realitzen una campanya de 4 dies de durada a la *cova des Bastons*, cavitat litoral amb entrada marina i continuació terrestre fins arribar a un sífó interior (Fig. 10). L’expedició accedeix per terra des de dalt dels penya-segats, mitjançant tirolines i descens amb cordes. Només JMA i Martí Ginart són els escafandristes, però els hi ajuden els espeleòlegs i escaladors: Diego del Río, Antoni Mora, Benito Morey, Justo Hernández, Matías Amengual, Bernardí Company, Lluís Cabrer, Fernando Castaño, Juan Antonio Badal, Miquel Trias i Julio Fajardo (Fig. 11).

### **Patricio Anguera Phipps**

Palma, 1963. Forma part de l’equip del CAS Tritón que efectua les primeres immersions els anys 91 i 92 a la *cova des Pas de Vallgornera* (consultar Aníbal Alonso).



**Fig. 11.** Fotografia dels membres de l'expedició a la *cova des Bastons*, efectuada el 1988 al pati de la base militar des Cap Pinar. La base està situada a la zona superior dels penya-segats on s'ubica la gruta. D'esquerre a dreta: Miquel Trias, Benito Morey, Diego del Río, el fill de Justo Hernández, Antoni Mora, Fernando Castaño, Julio Fajardo, Matías Amengual, Lluís Cabrer (jersei vermell), Bernardí Company, darrera en Bernardí un militar de la base acompanyant, Joan Antoni Nadal, Martí Ginart i José M<sup>a</sup> Álvarez "Jopelas" (Foto Justo Hernández).

**Fig. 11.** *Photography of the expedition members to the Cova des Bastons, taken in 1988 in the courtyard of the military base of Cap Pinar. The base is located at the top of the cliffs where the cave develops. From left to right: Miquel Trias, Benito Morey, Diego del Río, the son of Justo Hernández, Antoni Mora, Fernando Castaño, Julio Fajardo, Matías Amengual, Lluís Cabrer (red jersey), Bernardí Company, behind Bernardí a military man of the accompanying base, Joan Antoni Nadal, Martí Ginart and José M<sup>a</sup> Álvarez "Jopelas" (Photo Justo Hernández).*

### **Daide Ansaldi (DA)**

Moncalieri (Itàlia), 1970. Responsable d'operacions a bord de petroliers i vaixells instal·ladors d'aerogeneradors. S'inicia en el busseig amb escafandre autònom l'any 1996 i el 1998 en espeleologia. Fa busseig de coves l'any 2000 als cenotes de la Riviera Maya, on treballa de guia de coves a centres de busseig d'Akumal. Explora coves subaquàtiques de Cuba el 2001 i 2002 (amb el Grupo Espeleológico Habana) i a Itàlia el 2002 i 2003 a la Grotte de Palinuro, Elefante Bianco i altres. Ha participat en exploracions espeleològiques terrestres a Indonèsia i Tanzània. S'afegeix el 2014 a les tasques a les *coves del Drac* amb el GNM, recerques que continuen fins l'any 2019, (ja com a SEB), any en que es finalitza la topografia i l'estudi de la gruta, en total efectua 15 immersions (GM, JP, FG, AC, JCL, BC, NB, AG, NF, FF, DB). Al sistema *Gleda-Camp des Pou* realitza feines de revisions exploratòries i topogràfiques d'ençà del 2019, així com recollida de mostres (DB, JP, NF, GM, AG, FG, FF, BC, TB, SV). El 2016 i 2019 efectua tasques a la *cova de sa Piqueta* del sistema *Pirata-Pont-Piqueta* (JCL, AC, FG, GM, JP). (Fig. 25).

**Lluís Astier (LA)**

Cap del grup de catalans del *Departamento de Actividades Científicas de la FEDAS*, que viatja a Mallorca en dos anys successius, el 1971 i 1972. Visiten Mallorca en el marc de la campanya Pollença-71 que organitza el GNM, amb la participació del Grup Espeleològic EST i aquest col·lectiu de Catalunya. El grup el formen G. García, M. Hidalgo, J. Cerdán i ell mateix. L'any 1971 els dos primers mencionats exploren els sifons de la *cova de les Rodes* i descobreixen una sala aèria més enllà del sifó terminal (Fig. 3). Intenten recórrer el sistema hidrològic de la *cova de la Font* i l'*avenc de la Font* a Pollença, però la gran quantitat de fang a l'aigua ho impedeix. Així mateix intenten bussejar a la *font Peixera*. L'any 1972 investiguen i topografien tots quatre, les continuacions subaquàtiques de la *cova Marina des Pont*. En la mateixa campanya, L. Astier i J. Cerdán efectuen una immersió en el llac principal de les *coves del Pirata* (Ginés i Ginés, 1976).

**Enrique Ballesteros Ostolaza**

Madrid, 1966. El 1990 acaba el curs de bussejador de l'armada i l'any 1993 s'incorpora al GEAS, destinat a Barcelona. El 1997 efectua el curs d'espeleobusseig de la guàrdia civil. L'any 2006 forma part de l'equip de Al Filo de lo Imposible (TVE) que filma a les coves de Mallorca per fer dos capítols de *La Isla de las Maravillas*. S'integra en un grup de busseig tècnic i espeleobusseig a finals del 2006 arran de la recuperació del cadàver d'un militar belga a la *cova del Francès* a Girona. Visita la *cova des Pas de Vallgornera* amb Hilari Moreno, FG i BC i Xavier Alemany, l'any 2009. Forma part de l'equip de rescat que treu, juntament amb Hilari Moreno a FG de la *sala dels Tres Miracles* de la *cova de sa Piqueta* el 17 d'abril de 2017. La seva missió és portar a enllà dos tancs amb nítrox perquè FG pugui sortir de la cavitat, tasca que s'efectua al tercer dia de permanència de FG a la cova. Ambdós bussos venen expressament en helicòpter de Sabadell per procedir al rescat (Gràcia *et al.*, 2019). L'èxit és premiat amb l'atorgament de la medalla *Cruz con Distintivo Rojo* de la guàrdia civil.

**S. Bendito**

Membre del centre de busseig *Diving Center Formentor* (DCF). Entre els anys 1988 i 1991 realitza en solitari 6 topografies de grutes submarines del terme de Pollença. Per accedir a les cavernes s'ha d'entrar per la mar i es localitzen entre pocs metres i més de 20 m de fondària. Es tracta de la *cova d'en Jeroni* l'any 1988; la *cova de les Dues Portes*, la *cova de l'Illa de Formentor* i la *cova de Luís Candelas* l'any 1989; la *cova Ese* l'any 1990 i la *cova dels Ponts* l'any 1991. Totes les topografies apareixen publicades a Encinas (1994).

**Nicolás Leon Betton Heritier (NB)**

Crest Drome (França), 1972. Membre del GNM, ha participat al llarg de 24 immersions a les *coves del Drac* entre els anys 2013 i 2014, on explora algunes galeries del *sector Subaquàtic de Llevant* i realitza nombroses tasques topogràfiques (FG, PG, AC, FF, MAP, MAV, JP, MM, DA). També forma part de l'equip que treballa a *es Dolç* el 2013, recollint informacions topogràfiques al llarg de 9 dies (FF, FG, MAV) i aquest mateix any a la *cova de sa Piqueta* del *sistema Pirata-Pont-Piqueta* (FG, FF). Al llarg del 2014 contribueix 4 dies a les recerques del *sistema Gleda-Camp des Pou* (AC, FF, FG, JCL). El 2015 i 2016 prossegueix amb les feines a la *cova de sa Piqueta* (FG, FF, AC).

### **Dave Blenkinsop**

Espeleobussejador de suport que forma part de l'expedició del CCC de 20 dies de durada el 1990 (OC i IW). Exploren el *dolç de Cala Murta*, la *sala Francesc Ripoll* de la *cova de sa Gleda*, dues galeries curtes de la *cova des Serral*, el *tercer i quart sifó* de la *cova dels Ases* i el *llac de les Delícies* de les *coves del Drac* (Clarke, 1991-1992b; Williams, 1991). (Consultar Ian Williams).

### **César Bodi**

Fotògraf, el 2006 i 2007 realitza al llarg d'una desena de sessions fotografies de la *cova de sa Gleda*, de la *cova des Pont* i de la *cova de s'Abissament*. Els seus companys, models i assistents d'il·luminació són BC, FG, PG i MF.

### **Bartomeu Bordoy Rosselló**

Felanitx, 1964. Bussejador professional. El 1996 documenta fotogràficament al llarg de 4 dies la *cova des Coll* i el *sifó 3* de la *cova dels Ases* (FG) (Gràcia *et al.*, 1997).

### **Dirk Bornemann (DB)**

Frankfurt Am Main (Alemanya), 1969. És instructor d'instructors de *full cave* i porta el centre de busseig Skualo de Portocolom. El 1979, mateix any en què els pares compren la casa d'estiu a Mallorca ja visiten les *coves del Drac*. El 1984 recorre les *coves del Pirata*. El 1994 s'inicia en busseig en un llac d'Alemanya i posteriorment a d'altres d'Àustria. El 1995 comença a introduir-se dins coves submarines del llevant (*cova del Pilar*, *cova Submarina de Cala sa Nau*, *cova del Dimoni*, *la Catedral*,...). L'any 2001 cursa les diferents titulacions d'espeleobusseig i se submergeix en diverses ocasions a la *cova de sa Gleda*. D'ençà d'aquest any realitza nombroses immersions als diferents sectors de la gruta.

L'any 2017 s'incorpora a la SEB i realitza tasques de topografia a les *coves del Drac*. Aquest mateix any, al llarg del rescat de l'espeleobussejador Xisco Gràcia a la *cova de sa Piqueta*, forma part imprescindible, amb el seu fill Tim, de la logística de càrrega de gasos i tancs. El 2019 s'integra en l'equip de feina al *sistema Gleda-Camp des Pou* (TB, JP, FG, DA, NF, GM, AG, FF), gruta que coneix per la gran quantitat de busseigs que ha efectuat al llarg dels anys, a on realitza tasques de revisió, exploració i topogràfiques principalment al *sector de Gregal* i al *sector de la Unió* que es perllonguen el 2021. A l'actualitat efectua treballs topogràfics a la *cova des Serral* amb el seu fill Tim.

### **Tim Bornemann**

Bad Soden Am Taunus (Alemanya), 2000. Fill de Dirk, va començar a bussejar amb només 6 anys. A la *cova de sa Gleda*, fent el *circuit dels Pirates* ho fa acompanyat de dos bussejadors *full cave* als 9 anys. Instructor de busseig i espeleobusseig. El 2017 participa de forma activa amb la logística dels gasos al rescat de FG en la *cova de sa Piqueta*. S'ha incorporat a la SEB i col·labora amb tasques d'exploració i topografia al *sistema Gleda-Camp des Pou* i a la *cova des Serral*.

### Frank Bréhier

França, 1972. Biòleg, espeleòleg i espeleobussejador francès del club *Spéléo Corbières Minervois*. Forma part de l'expedició científica a Muna (Indonèsia) del 2007 a on viatja amb BC. Visita Mallorca en diverses ocasions propiciat per Damià Jaume, investigador de l'IMEDEA i col·laborador amb ell de l'estudi de fauna estigobiont d'algunes grutes de França. Ells han trobat i descrit noves espècies de crustacis *Typhlatya arfeae* i *Pseudoniphargus leucatenensis*, a la font *Estramar* i a la *Grotte des Fées de Leucate*. L'any 2003 busseja a la cova *Genovesa*, a la cova *des Coll* i a la cova *de sa Gleda*. El 2006 torna a la cova *de sa Gleda* i a la cova *d'en Bassol* (FG i BC). A finals del 2008 i començaments de 2009, en una expedició amb en Guillaume Tixier i BC, acudeixen a la cova *des Serral*. Els dos gals descobreixen la *galeria dels Francesos*, d'un centenar de metres, al llac més proper a la mar, amb presència d'abundant fauna marina. Amb en BC i Guillaume exploren 450 m de la *galeria Catàrsi*, al nou sector de la cova *des Serral*. Acompanyant de FG a la cova *des Pas de Vallgornera*. El 2011 prossegueix les exploracions a la cova *des Serral* amb BC i Guillaume i localitzen una gran sala terrestre amb aire (*sala Bernat Clamor*). També exploren conjuntament 160 m al final del *sector del Fènix* del sistema *Gleda-Camp des Pou*.



**Fig. 12.** Foto abans de la immersió, el 23-11-1986, dalt de dreta a esquerre: Daniel Ruíz, Ana Maria Abril, Josep Lluís Castelló “el Buitre”, David Rotger; asseguts Martí Ginart, l'amo de la finca Joan Ensenyat, Jaume Oliver “Jimmy Estómac”. El buitre porta a les mans la revista *Endins* número 2, on sortia publicat el treball de la cova *dels Estudiants* (Arxiu Ana Maria Abril).

**Fig. 12.** Photo before the dive (November, 23th, 1986). From top right to left: Daniel Ruíz, Ana Maria Abril, Josep Lluís Castelló “el Buitre”, David Rotger; sitting Martí Ginart, the owner of the Joan Ensenyat estate and Jaume Oliver “Jimmy Estómac”. “el Buitre” carries in its hands the second issue of the journal *Endins*, where the work of the Cova *dels Estudiants* was published (Ana Maria Abril archive).



### **Josep Lluís Castelló Mateo “el Buitre Galopante”**

Palma, 1964. Informàtic, espeleòleg i escalador. Forma part de l'equip GEM-Triton que els anys 1985, 86 i 87 realitza diverses expedicions a la *cova dels Estudiants* (Fig. 12). La seva tasca és de bussejador de suport per transportar l'equip d'immersió a través del *sifó 2*, la *galeria del Suplici* i també a l'inici del *sifó 3* (consultar Martí Ginart).

### **J. Cerdán**

Participa en dues expedicions a Mallorca els anys 1971 i 1972, juntament amb G. García, M. Hidalgo i L. Astier. El 1971 acompanya a G. García i M. Hidalgo a la *cova de les Rodes* a bussejar als sifons. Realitzen l'any 1972 l'exploració i topografia de les continuacions subaquàtiques de la *cova Marina des Pont* (Manacor). En la mateixa campanya, L. Astier i J. Cerdán efectuen una immersió en el llac principal de les *coves del Pirata* (Ginés i Ginés, 1976) (consultar Lluís Astier).

### **Antoni Cirer Garcias “Xirino” (AC)**

Campos, 1976. S'inicia en el busseig en aigües obertes l'any 1987, als 11 anys. S'especialitza en fotografia submarina i participa amb Maria Martínez, la seva parella, a molts de concursos. Entre els nombrosos guardons aconseguits destaca el del Campionat Mundial per Equips i dues medalles d'or en el Mundial de Fotografia Submarina de l'any 2007. El 2010 viatgen als cenotes de Mèxic i li entra l'afició per les grutes inundades.



**Fig. 13.** Banderes de la *cova des Pas de Vallgornera* (Foto A. Cirer).

**Fig. 13.** Draperies from *Cova des Pas de Vallgornera* (Photo A. Cirer).



El 2009 s'incorpora a les activitats del GNM, primer com a fotògraf per després anar agafant confiança i empena i torna un explorador destacat. A més a més, ha realitzat moltes tasques de topografia de les cavitats que ha anat explorant. Malgrat aquesta faceta d'espeleobussejador, no deixa d'alternar amb el busseig a la mar. Les seves aportacions com a fotògraf de coves submergides han estat molt productives per la seva gran dedicació. Molts dels treballs publicats d'ençà del 2009 a la revista *Endins* i als *Papers de la Societat Espeleològica Balear*, entre d'altres publicacions científiques i articles divulgatius s'han documentat amb imatges seves (Fig. 13).

El 2009 fotografia el *sector Subaquàtic de Gregal* de la *cova des Pas de Vallgornera* (FG), el 2011 la zona propera a la *sala Jaume Damians* fins a la *galeria Collonuda Nord* (FG). També contribueix, amb èxit pel seu control de la posició de la llum dels focus, com a model de filmacions per MAP a la *cova des Pas de Vallgornera*. Aconsegueix l'exploració més de 400 m subaquàtics al *sector Profund* (PG) (Gràcia *et al.*, 2009a).

L'any 2010 documenta fotogràficament el *sector de la Unió* de la *cova de sa Gleda* (FG) i el 2011 el *sector Llunyà*. L'any 2014 realitza tasques topogràfiques (JCL).

L'any 2010 fotografia la *cova des Coloms de Cala Falcó* i el 2011 la *cova de Cala Varques B* (PG, FG). A la *cova des Drac des Rafal des Porcs* fotografia material arqueològic i també la gruta, així com detalls morfològics i observa el que semblen evidències d'espolis (PG, FG) l'any 2011 i 2012. El mateix any realitza la primera sessió fotogràfica de la *cova des Serral* (BC, FG). Per la seva gran coneixença del litoral del terme de ses Salines, comunica a Bernat Clamor i Xisco Gràcia la presència d'una petita cavitat prop de la mar on hi ha corrent (*esfondrat des Dolç*). Més endavant forma part de l'equip que explora, topografia i fotografia *es Dolç* al llarg del 2012 fins el 2013 (BC, PG, FG, AP). S'encarrega especialment de l'exploració de les *galeries Paral·leles* i altres recerques al llarg de 19 immersions (Gràcia *et al.*, 2014) (Fig. 42).

El 2013 fotografia la *cova de sa Punta des Moro* (FG). També explora i fotografia les *coves del Drac*, connecta la *galeria Negra* amb la *galeria de les Delícies* (MM, FG, FF), descobreix i explora la *galeria de la Gran Duquessa de la Toscana*. El 2014 prossegueix amb les sessions fotogràfiques, emperò també explora la *galeria de la Corrosió* (NB, MM, FG, JPP, FF). Així mateix participa com a auxiliar d'il·luminació per Televisió Espanyola (TVE) dos episodis de *Al Filo de lo Imposible* a les *coves del Drac* i a *es Dolç* (MAP, MAV, JP, FF, FG). Els anys 2015, 2018 i 2019 prossegueixen les tasques exploratòries, topogràfiques i fotogràfiques a la cavitat (JCL, GM, FG, FF, DA, BC, NB) (Fig. 30).

El 2015 s'afegeix a les feines de recerca del *sistema Pirata-Pont-Piqueta* i les continua al llarg de 21 jornades fins el 2017, habitualment efectua les immersions amb Juan Carlos Lázaro de company de busseig (Fig. 14). Exploren i fan la topografia de les *galeries de la Balena*. Surten a la *sala Mireia*, zona terrestre i al final de la sala, després de superar 130 m i un desnivell perillós, troben un llac terminal que sembla que segueix sota les aigües. Han entrat en el *sector del Manatí*. Les exploracions prossegueixen a bon ritme, més endavant descobreixen la *sala dels Tres Miracles* (Gràcia *et al.*, 2019). El 2016 intenten trobar un pas que connecti les *galeries de la Balena* amb la *galeria Mireia* sense haver de sortir fora de l'aigua i emprar tantes energies i temps en transportar el material al llarg de tota la *sala Mireia*. Es troba un laminador (*pas Enviudador*) que segueix per la galeria homònima. Després de dos dies d'intents dificultosos a causa de la gran quantitat de sediment i la mala visibilitat que es genera, s'aconsegueix l'enllaç de la *galeria Enviudadora* per dos llocs

diferents amb la *galeria Mireia*. També es connecta amb la *galeria Oblidada*, entrant pel *pas Oblidat*. Malgrat que s'ha de fer més distància, és més fàcil de transitar. Els espeleòlegs van prenent consciència a mesura que passen els dies de que es tracta d'una cavitat molt difícil, amb moltes galeries i passos estrets, molt mala visibilitat a causa de la immensa quantitat de fang, distàncies considerables i allunyades de l'entrada i en definitiva psicològicament i tècnicament molt dura. A causa de les estretors i sediment no es poden fer servir els propulsors si accedeixen dos espeleòlegs. Es veu que les galeries subaquàtiques que parteixen des d'aquí agafen més volum en direcció aproximada de 300°, són les *galeries dels Almogàvers*. L'exploració de la *sala del Tàrtar* continua i només en un dia, entre AC i JL, posen devers 400 m de fil-guia. Per aquestes dates les tasques a la cova es duen a terme amb quatre tancs per persona i la duració de les immersions és d'unes tres hores. En direcció sud es troba la *galeria Antoni Cirer*. A cada jornada es posen devers 250



**Fig. 14.** Antoni Cirer i Juan Carlos Lázaro formen l'equip capdavanter de les exploracions dutes a terme als nous sectors del sistema Pirata-Pont-Piqueta al llarg dels anys 2013 al 2017. Preparatius a la tanca de devora la *cova de sa Piqueta* en companyia de Miquel Àngel Gual a la dreta (Foto: D. Vicens).

**Fig. 14.** Antoni Cirer and Juan Carlos Lázaro form the leading team of the explorations carried out in the new sectors of the Sistema Pirata-Pont-Piqueta throughout the years 2013 to 2017. Preparations in the field around Cova de sa Piqueta. Miquel Àngel Gual on the right (Photo: D. Vicens).

m de fil-guia. Al final de la galeria abans esmentada es localitza una sala aèria (*sala de l'Honor*). Prossegueix molts de dies amb l'exploració del *sector de la Terra Incògnita*, avançant per la *Canonada* i per la *galeria Antoni Cirer* i segueix explorant la *sala de l'Honor* i la *sala de la Terra Incògnita* (JCL, FG, GM, JP).

El 2019 fotografia els descobriments recents a la *galeria de la Mar* (FG), darrera immersió dins cova. En total ha realitzat 34 immersions a les *coves del Drac* (Gràcia *et al.*, 2018a) (Fig. 15).

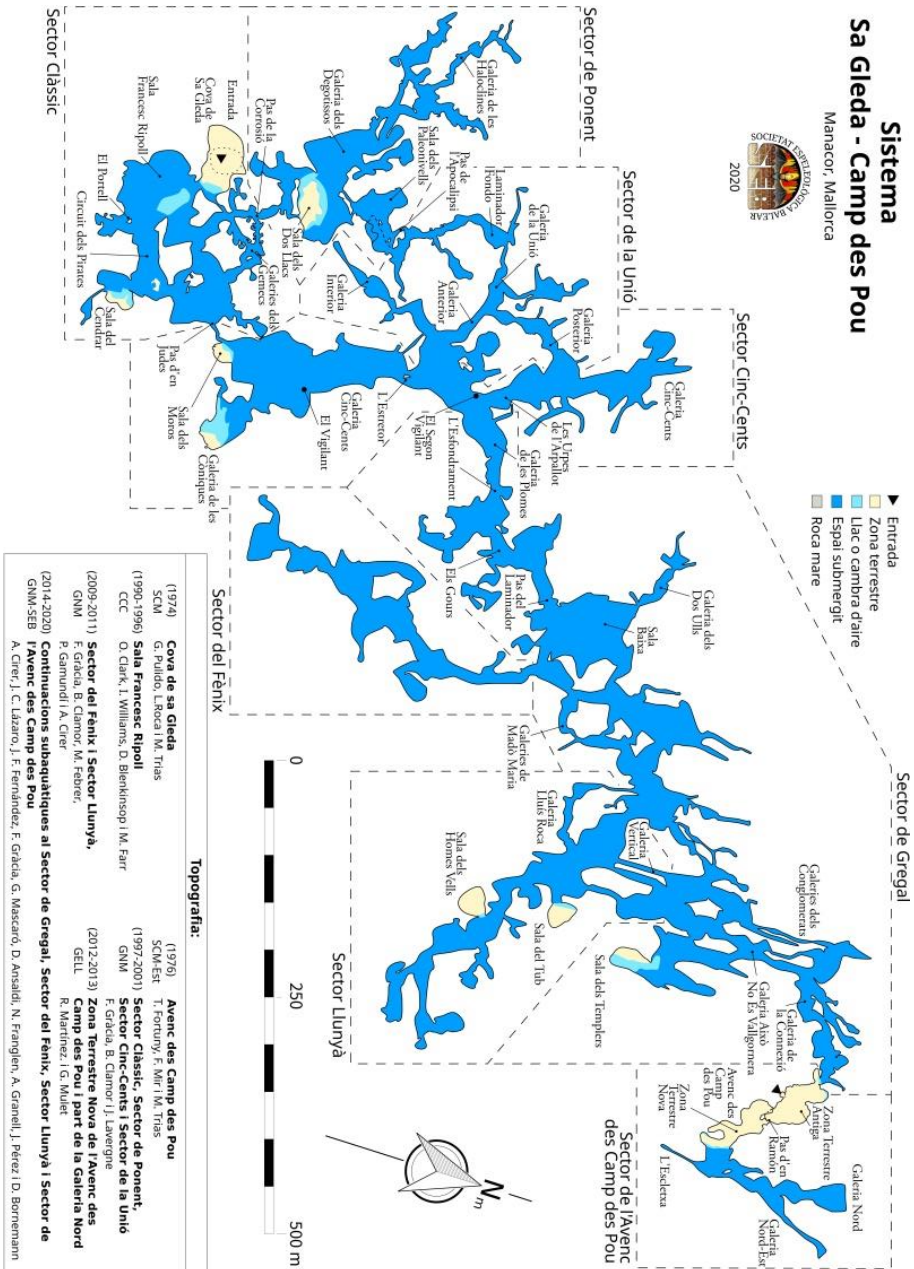


**Fig. 15.** Massís estalagmític de gran bellesa a les *coves del Drac* (Foto A. Cirer).

*Fig. 15. Stalagmite massif of great beauty in Coves del Drac (Photo A. Cirer).*

### **Bernat Clamor Vilanova (BC)**

Pollença, 1974. Mestre d'aixa de tercera generació familiar. Espeleòleg terrestre del GNM. El 1996 s'afegeix al grup de feina de la *cova des Coll* (FG, PW) (Gràcia *et al.*, 1997). El 1997 troba amb FG el jaciment arqueològic de la *cova des Drac des Rafal des Porcs*, a on es fa una excavació d'urgència amb l'autorització de Patrimoni del Consell Insular i amb la col·laboració del GAS encapçalat per l'arqueòleg Juanma Pons. Aquest mateix any bussegen a la *cova des Pas de Vallgornera* i troben uns 400 m de noves continuacions que enllacen la *sala d'entrada* amb el final de la *pista Americana*, a la *sala Max* (FG, PW). Exploració de la *cova des Drac de Cala Santanyí* i de la *cova de Cala Mitjana*. També comença a explorar i fer la planimetria de la *cova de sa Gleda* al llarg de 10 dies entre el 1997 i 98. Busseig i exploració a la *cova de Cala Varques ACD* i a la *cova de Cala Varques B* (FG). Immersió a la *cova des Serral* a on escorcolla una galeria de 38 m i a la *cova des Bastons* (RL, JLL, FG). Les tasques de recerca a la *cova d'en Bassol*, a la co-



**Fig. 16.** El sistema Gleda-Camp des Pou ha estat explorat en gran part per les contribucions de Bernat Clamor entre els anys 1997 i 2011.

**Fig. 16.** The Sistema Gleda-Camp des Pou has been largely explored by the contributions of Bernat Clamor between 1997 and 2011.



va de Cala Varques B, la cova des Drac de Cala Santanyí i la cova de sa Gleda prossegueixen el 1998 (FG, JLL) (Gràcia *et al.*, 1998a; 1998b). A la darrera gruta mencionada exploren al *sector Clàssic* i l'inici del *sector de Ponent* (Fig. 16). També realitza una immersió al *pou de Can Carro* (cova de ses Sitjoles), a on recorre el perímetre submergit de la cavitat (Encinas, 2014).

Entre 1999 i 2000 troben a la cova de sa Gleda el *pas d'en Judes* i accedeixen al *sector Cinc-Cents*; també el *pas de l'Apocalipsi* al *sector de la Unió* i es comença a explorar el *sector de Gregal* (Figs. 16 i 38). Les immersions de BC a la gruta aquests dos anys han estat de 48 jornades. A la *font de ses Aiguades* se topografia i extreu material arqueològic important (JLL, FG, Pedro Gracia). Troballa de continuacions a la *cova des Coloms de Cala Falcó* (FG). El 2000 continuen les tasques de documentació de la cavitat i extracció de material ceràmic a la *font de ses Aiguades* i topografia de la *cova de ses Llàgrimes*, a on desobstruint troben el *llac Blau* (Gràcia *et al.*, 2001a; 2003c). Viatge a l'Alguer, al *capo Caccia* (Sardenya) en una expedició de 7 dies amb la UIB i la *Universitá Roma Tré*, per recollir mostres d'espeleotemes freàtics sota l'aigua. Es busseja a la *Grotta Verde*, *Grotta di Nettuno* i la *Grotta della Dragunara*. A la cova *Genovesa* avanç per la *galeria dels Poliquets* i descobriment de la *sala Bermudacaris*. També prossegueixen les feines a la cova de *Cala Varques B* i *cova de Cala Varques ACD* que s'allarguen fins el 2000 (Gràcia *et al.*, 2000).

El 2001 i 2002 força el *laminador de la Correntia* a la cova *Genovesa* i troba la *sala de les Bonellia viridis*, amb clars indicis de contaminació per aigües residuals. A la cova de sa Gleda exploració de galeries estretes a l'extrem NE del *sector de Gregal*.



**Fig. 17.** Bernat Clamor a la cova *Genovesa* (Foto A. Cirer).

**Fig. 17.** Bernat Clamor at Cova *Genovesa* (Photo A. Cirer).

El 2003 exploracions a la *cova de sa Sínia* i a la *cova Genovesa* (MAG, FG, Pedro Gracia) amb recollida de material paleontològic amb col·laboració amb paleontòlegs de l'IMEDEA (Gràcia *et al.*, 2003a, 2003b). El total d'immersions que efectua a la gruta d'ençà del 2000 fins el 2003 ha estat de 25 jornades (Fig. 17). Exploracions importants a la *cova des Coll* (FG), al llarg de 30 jornades en aquesta segona campanya de recerques que s'allarguen el 2004, exploració de noves descobertes al *sector dels Espectres*. Connexió amb 115 m del *sector del Descobriment* amb la *galeria dels Encomanats a Déu* i troballa de petites continuacions a l'*Oceà de Fang* (Gràcia *et al.*, 2005). Exploracions a la *cova de sa Punta des Moro* i a la *cova des Burrí*. Campanya de recollida de fauna estigobiont de l'IMEDEA i del Gibraltar Museum a Gibraltar a la *Ragged Staff Cave (Silent Pool)* (FG).

Entre el 2005 i 2006 realitza tasques a la *cova des Pont* al llarg de 19 dies (MF, FG, Pedro Gracia) (Gràcia *et al.*, 2006a), també a la *cova de sa Gleda*, *cova de sa Punta des Moro*, *cova de s'Abisament* (Gràcia *et al.*, 2006b) i *cova d'en Bassol* (MF, FG, PG). Filmacions de dos episodis de *Al Filo de lo Imposible* “la Isla de las Maravillas” filmat a la *cova des Drac de Cala Santanyí*, *cova d'en Bassol*, *cova des Coll* i *cova de sa Gleda*. Exploració d'un centenar de metres a un laminador de la *cova d'en Bassol*. Del 2007 al 2009 explora i topografia a diferents zones de la *cova des Pas de Vallgornera* al llarg de 17 dies i descobreix més de 2.500 m de galeries majoritàriament subaquàtiques (*sector Subaquàtic de Gregal*). Els resultats són importants troballes al *sector de les Grans Sales*. Al nord del llac *Quadrat*, descobreixen l'inici de la *galeria Miquel Àngel Barceló*, travessen la *galeria del Quilòmetre* i prossegueixen més enllà (PG, MF, FG) (Gràcia *et al.*, 2009a). Segueix endavant amb les immersions a la *cova de sa Gleda* fins el 2012, d'ençà del 1997 ha efectuat 121 dies d'immersions registrades als diaris, encara que segurament se deuen acostar a les 200 reals, ja que moltes de les jornades de feina no les comunicava. El 2008 estrena del propulsor *Silent-submersion*, exploració de 250 m de galeria al *sector del Fènix* i *sector de Gregal* final a la *cova de sa Gleda* (MF, PG, FG, AC). El darrer dia de 2008 troba una zona nova a la *cova des Serral* en solitari i ja dins el 2009, amb en Frank Bréhier i Guillaume Tixier, exploren plegats uns 450 m de la *galeria Catàrsi*. El 2009 exploració de galeries a l'oest del llac *Quadrat* a la *cova des Pas de Vallgornera* (PG, FG). El 2010 continuen les exploracions a la *cova de sa Gleda*, al *sector de Gregal*. Troballa de la connexió de la *cova de sa Gleda* amb l'*avenc des Camp des Pou* i exploracions al *sector Llunyà*. El 2010 s'endinsa a la *cova des Serral* a la *galeria dels Francesos* i explora uns 100 m més, així com a la *galeria Catàrsi* on descobreix centenars de metres (FG). Amb en PG acudeix a revisar a la *cova Blanca* les *coves del Drac*. El 2011 prossegueix les exploracions a la *cova des Serral* (Franc Brehier, Guillaume Tixier, FG, AC) a on localitzen una gran sala terrestre amb aire (*sala Bernat Clamor*). Al sistema *Gleda-Camp des Pou* descobreixen 160 m explorats amb els francesos al *sector del Fènix* (Gràcia *et al.*, 2020). El 2012 és el primer que s'endinsa en *es Dolç* on escodrinya la major part de la cavitat entre el 2012 i alguns dies del 2013 (37 dies registrats al diari, FG, AC, PG). En aquesta mateixa gruta també connecta la *cova de s'Aigo* (Fig. 18) amb l'*esfondrat des Dolç* (Gràcia *et al.*, 2014). Exploracions el 2012 a la *cova de sa Piqueta* (*sistema Pirata-Pont-Piqueta*) i troballa de la *sala Mateu Febrer* (FG) a partir dels indicis d'un corrent d'aigua superficial al petitíssim llac d'accés. El 2013 busseig a la *cova de sa Bassa Blanca* i a les *coves del Drac* on desobstrueix el pas del final de la *galeria Despullada* que condueix al *cau del Drac*. El 2014 trobada de l'accés pels penya-segats per accedir a la *cova de sa*



*Punta des Moro* (FG) i exploració. L'any 2015 exploracions a la *cova de sa Piqueta*, a la *sala del Rost* (FG). Entre el 2015 i el 2016 efectua algunes tasques a les *coves del Drac* i al *sistema Pirata-Pont-Piqueta*. L'any 2017 és el primer espeleobussejador que aconsegueix contactar amb FG i preparar el rescat a la *sala dels Tres Miracles* de la *cova de sa Piqueta*, després de diverses immersions preparatòries per accedir a la sala (FF). Poques setmanes després BC i FG tornen a la sala per topografiar-la (Gràcia *et al.*, 2019). BC al llarg de la seva etapa activa ha estat un dels millors i més fructífers exploradors subaquàtics.

### Owen Clarke (OC)

Regne Unit, 1927-2015. Membre del CCC, del qual ha format part de la junta directiva molts d'anys. Dissenya escales semirígides d'espeleologia i aparells diversos. També participa en tests de cordes d'espeleologia per avaluar la resistència a la ruptura. Ha estat el cap d'expedició de la major part de les nombroses campanyes del CCC a Mallorca.

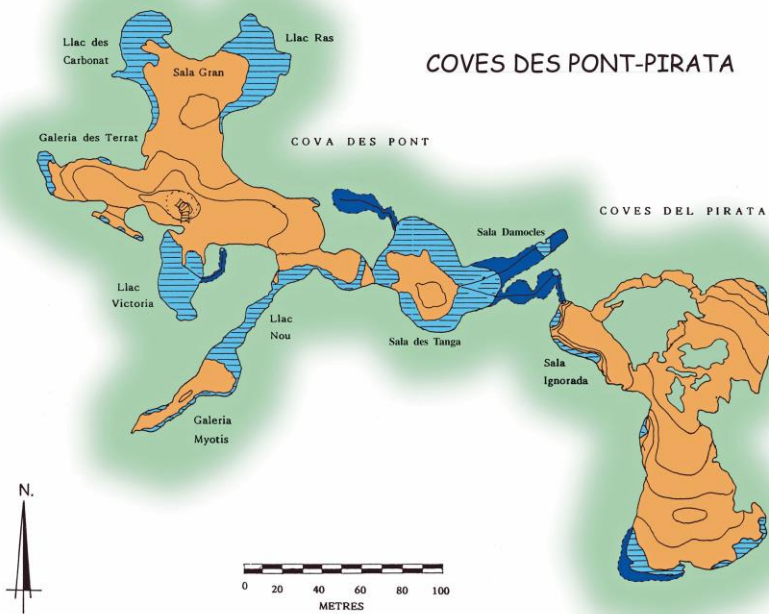
L'any 1988 realitza, amb Steve Ainley una primera immersió al llac de la *cova d'en Bessó* o *cova Genovesa* (consultar Steve Ainley). El 1988 efectua amb John Cooper i Richard Lloyd la troballa de la *galeria Tancada* i de la *sala Dàmocles* a la *sala del Tanga* de la *cova des Pont* (Clarke, 1990-91).



**Fig. 18.** Bernat Clamor i Xisco Gràcia l'any 2013 a la *cova de s'Aigua*. Aquest esfondrament separa *es Dolç Extern* d'*es Dolç Intern* (Foto M.A. Perelló).

**Fig. 18.** Bernat Clamor and Xisco Gràcia in 2013 in the *Cova de s'Aigua*. This collapse separates *es Dolç Extern* from *es Dolç Intern* (Photo M.A. Perelló).

En una altra campanya feta l'any 1989, a la *cova dels Ases*, amb IW bussegen al *primer sifó* de la *sala Gran* de 11 m de longitud i descobreixen la *sala Final* de 117 m de llarg, amb un altre llac al seu extrem SE (el *segon sifó*), que després de 20 m de galeria inundada comunica amb la mar oberta a l'altura del Penyal Roig. També localitzen el *tercer sifó* en direcció cap a l'interior (Clarke, 1990-91). Àdhuc fan una primera immersió a la *cova des Serral* on troben una galeria espaiosa en direcció a la mar i de secundàries que acaben fent-se impenetrables. El traçat de la planta de les *coves del Pirata* i de la *cova des Pont*, damunt fotografia aèria, fomenta l'exploració subaquàtica i la connexió d'ambdues coves en el *sistema Pont-Pirata*, que llavors totalitza un desenvolupament subterrani superior als 2.025 m (Clarke, 1990-91; Anònim, 1990) (Fig. 19).



**Fig. 19.** Connexió entre la *cova des Pont* i la *cova des Pirata* efectuada pels membres del CCC el 1989. El color blau marí representa les galeries i sales subaquàtiques, el blau cel les àrees ocupades per llacs i el marró les zones terrestres. Modificat de Trias (1977), Ginés i Ginés (1976) i de Clarke (1990-91).

**Fig.19.** Connection between the *Cova des Pont* and the *Cova des Pirata* made by members of the CCC in 1989. The dark blue color represents the underwater galleries and halls, the sky blue the areas occupied by lakes and the brown the terrestrial areas. Modified from Trias (1977), Ginés and Ginés (1976) and Clarke (1990-91).

L'any 1990 efectuen una campanya de 20 dies de duració (IW i Dave Blenkinsop), que se centra en l'exploració per primera vegada del *dolç de Cala Murta*, anomenat per ells *Nazil*. També visiten al llarg de cinc dies la *cova de sa Gleda*, emperò les intenses pluges dels dies precedents han introduït sediment i la visibilitat dels primers metres és nul·la.

Així i tot exploren part de la *sala Francesc Ripoll*. A la *cova des Serral* escorcollen una altra trentena de metres en dues galeries estretes i de roca molt blanca. A la *cova dels Ases* exploren el *tercer sifó*, que havia quedat pendent d'indagació l'any 1989, el qual de forma paral·lela al *primer sifó* connecta la *sala Final* amb la *sala Gran* i un ramal d'aquest (anomenat per ells *quart sifó*) que arriba a una cúpula d'aire entre blocs. El darrer dia bussegen a les *coves del Drac*, on troben una cambra aèria situada unes desenes de metres del *llac de les Delícies* (Williams, 1991; Clarke, 1991-92b; Gràcia *et al.*, 2018).

El 1991 efectuen una expedició de 14 dies de durada (Kenny Passant i IW) dedicada de forma intensiva a les *coves del Drac*. Els llacs on es fan immersions són el *llac Negre*, el *llac de les Delícies* i el *llac de les Meravelles* (*sector Subaquàtic Central*), el *llac Miramar* (*sector Subaquàtic de Ponent*) i al *dolç de Cala Murta*. El resultat és el descobriment de més de 600 m de galeries subaquàtiques repartides als quatre llacs (Clarke, 1991, 1991-1992a, 1991-1992b; Gràcia *et al.*, 2018a). El febrer del 1992 tornen en una altra campanya a les *coves del Drac* a fer un estudi de la química de l'aigua (Gascoine, 1992) (OC, W. Gascoine, Steven Thomas i Doreen Gascoine).

L'any 1993 en solitari efectua un intent d'exploració a la *font de sa Costera*, només pot penetrar uns 5 m. Aquest any realitzen diverses immersions a la *cova des Estudiants* (I. Williams, T. E. Nixon), on troben el *sifó 2.9* (Fig. 51). Dins el sifó prossegueix fins a -30 m (Williams, 1993). A la *cova des Pas de Vallgornera*, al *sector Antic* investiguen algunes continuacions (IW, RL, TE Nixon).



**Fig. 20.** Owen Clarke i Xisco Gràcia el 1995 al llac d'entrada de la *cova des Coll* (Foto P. Watkinson).

*Fig. 20. Owen Clarke and Xisco Gràcia in 1995 at the entrance lake of the Cova des Coll (Photo P. Watkinson).*

El 1994 visiten diverses cavitats, entre elles la *cova des Estudiants* (I. Williams, E. Petts). També indaguen sense èxit la *cova des Coloms de Cala Falcó*. A la *font des Verger* acudeixen dos dies no consecutius i entre el *sifó 2* i el *sifó 3*, aconsegueixen trobar un pas entre blocs i evitar una incòmoda escalada (IW). Owen, amb el suport com a portadors de E. Petts, L. Landreth i IW, busseja al *sifó terminal*, 50 m i -15 m i no progressa més a causa de l'oblit d'un dels dos reguladors.

Els anys 1995 i 1996 forma part de l'equip d'exploració de la *cova des Coll* (Fig. 20, 49) i ajuda en la seva exploració al llarg de 7 dies (RL, FG, PW) (Gràcia *et al.*, 1997). El 1996 realitza una campanya de nou dies de durada amb en Martyn Farr, Patrick Cronin i Gareth Hardman, a on prossegueixen la revisió de la *sala Francesc Ripoll* i de part del *circuit dels Pirates* de la *cova de sa Gleda*. L'any 1997 recorre a Pollença la *cova de la Font* i la connecta sota l'aigua amb l'*avenc de la Font* (Encinas, 2014).

### **John Cooper**

Regne Unit. Espeleobussejador del CCC. El 1988 efectua amb OC i Richard Lloyd de suport, la troballa de la *galeria Tancada* i de la *sala Dàmocles* a la *sala del Tanga* de la *cova des Pont* (Clarke, 1990-91) (consultar Owen Clarke).

### **Joel Corrigan**

Cardiff (Gal·les, Regne Unit), 1969. Espeleòleg i espeleobussejador. Ha participat i liderat diverses campanyes espeleològiques a diferents parts del món. Ian Williams l'anima l'any 1996 a organitzar una expedició a Mallorca. L'any 1997 pren part com a bussejador capdavanter a l'exploració de la *font des Verger*, on aconsegueix travessar el *sifó 3* d'uns 350 m (*galeria Destí Terra Zulú*) i -35 m i arribar a la punta més llunyana fins a l'actualitat, emergint a una sala aèria final (Corrigan, 1998). Compta també amb l'ajut de portadors del *Mendip Caving Group* (S. Kosche, D. Parry, N. Weymouth, I. Williams).

### **Patrick Cronin**

Regne Unit. Company habitual de Martyn Farr i membre del CCC, forma part de l'expedició a Mallorca de l'any 1996 (Martyn Farr, OC, Gareth Hardman). Ajudant de fotografia a la *cova des Coll* i a la *cova dels Ases*, immersió a les *coves del Pirata* a la recerca de continuacions. Equip de suport a la *cova des Serral* (consultar Martyn Farr).

### **Oscar Espinasa García**

Palma, 1970. Director tècnic de *Mar Balear*. Instructor de busseig i bussejador professional. Col·laborador i càmera subaquàtic als programes *Desafío Extremo*, *Planeta Calleja*, *Volando voy* i *Hundidos*. Campió de Balears i d'Espanya de fotografia submarina. L'any 1998 fotografia la *cova d'en Bassol* amb en BC i FG; el 1999 la *cova de Cala Varques B*. L'any 2000 fotografia amb en JL i FG la *font de ses Aiguades* i més endavant la *cova de sa Gleda*. El 2001 i el 2002 realitza fotografies de la *cova Genovesa* i de la *cova des Coll*. El 2011 és el càmera subaquàtic al *sistema Gleda-Camp des Pou* de l'equip de filmació per Cuatro TV del programa *Inmersión Radical*, dins el programa de *Desafío Extremo* de Jesús Calleja amb María March, FG, PG, Jaume Nicolau, MAP, MAV.



### **Martyn Farr**

Crickhowell (Gal·les, Regne Unit), 1951. Comença a practicar espeleologia l'any 1961 i el busseig dins coves el 1971. És un destacat espeleobussejador, conegut per les seves immersions en coves inèdites i l'exploració de molts de quilòmetres de passatges subterranis no descoberts anteriorment en Ogof i Daren Cilau i Noon's Hole. Ha escrit molts de llibres sobre la història i les tècniques del busseig en coves. El més conegut, dels qual s'han fet diverses edicions i constitueix un llibre de culte, és *The Darkness Beckons* (Farr, 1980, 1991, 2017). L'any 1995 realitza una expedició a la *font des Verger* on explora uns 100 m del *3r sífó*, fins els 30 m de fondària sota les aigües (Corrigan, 1998).



**Fig. 21.** Fotografia de Martyn Farr de la *cova des Coll* a l'any 1996. Llegendari i afamat espeleobussejador autor del llibre de culte *The Darness Beckons*. Ha format part de diverses expedicions a Mallorca.

*Fig. 21. Photograph by Martyn Farr of Cova des Coll in 1996. Legendary and famous caving author of the cult book "the Darness Beckons". He has been part of several expeditions to Mallorca.*

El 1996 en una campanya de 9 dies de duració, amb OC, Patrick Cronin i Gareth Hardman, visiten la *cova de sa Gleda*, que descriu com a monstruosament gran i agorafòbica i realitza una topografia del que coneixen (Farr, 1997-98; Gràcia *et al.*, 2020). Exploren la *sala Francesc Ripoll* i una part del *circuit dels Pirates*. També accedeix a la *cova des Coll* (Fig. 21), acompanyat per FG, i explora uns 135 m de la galeria que parteix de la *sala Benvinguda*, la *galeria de la Mare de Déu (sector dels Autèntics)*, fins a la *sala de la Confusió (sector Final)*. Un altre dia es dediquen a realitzar fotografies de la cova, les primeres subaquàtiques de la cavitat, una d'elles surt elegida per votació per a la portada el número 21 de la revista *Endins* (1997). En altres jornades visiten la *cova dels Ases* per fer

sessions fotogràfiques. També bussegen al llac més gran de l'*avenc des Camp des Pou*, sense aconseguir trobar continuacions. A la *cova des Serral* explora alguna galeria paral·lela que acaba tancada i realitza la primera topografia de les extensions subaquàtiques de la cavitat (Farr, 1997-98).

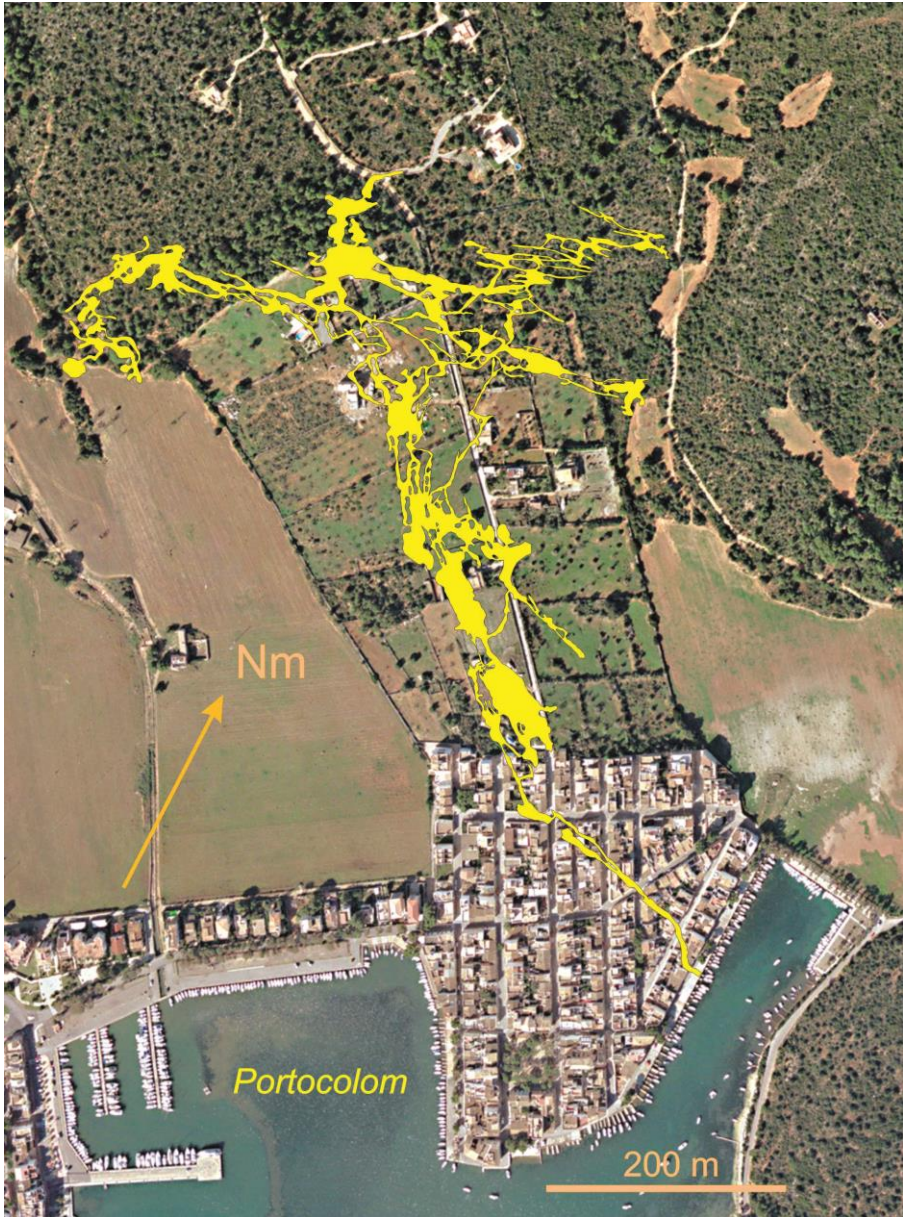
### **Mateu Febrer Bauzà**

Vilafranca, 1980-2012. Comença a bussejar amb el GNM l'any 2004 i continua fins el 2010. Els seus inicis procedeixen del busseig en aigües obertes, però l'elevada motivació d'en Mateu pel busseig espeleològic el fa interessar-se per les cavitats inundades. Les seves contribucions al llarg de 7 anys d'activitats són prou significatives en la història de la secció d'Espeleobusseig del GNM.

S'inicia amb les tasques de recerca a la *cova des Coll* (Fig. 22), feines que efectua al llarg de 22 dies dels anys 2004 i 2005 (FG, Pedro Gracia, BC) (Gràcia *et al.*, 2005), així com 6 dies d'immersions a la *cova de sa Sínia* (Fig. 23), aquests mateixos anys, on desobstrueixen un pas molt angost, avançant i fent la planimetria més enllà del conegut pels britànics l'any 1996 (FG, BC). Al sistema *Gleda-Camp des Pou* li dedica 48 dies (BC, FG, PG, César Bodi, AC, JPP) entre els anys 2005 i 2010 (Gràcia *et al.*, 2020). Efectua feines a la *cova des Coloms I* i a la *cova des Coloms II* (FG, BC, PG).

El 2005 i 2006, MF i FG, retroben, exploren i topografien la *cova de s'Abisament* després d'una intensa recerca per sa Coma (Sant Llorenç des Cardassar) i MF participa en 7 dies de feina (FG, BC, PG) (Gràcia *et al.*, 2006b). El 2005 Mateu i FG exploren i aconsegueixen connectar sota l'aigua, mitjançant la *galeria Corcada*, la *cova des Pont* amb la *cova de sa Piqueta* i descobreixen també altres indrets com la *sala dels Caramells*. D'aquesta manera s'assoleix l'anomenat sistema *Pirata-Pont-Piqueta*. També a la *cova des Pont*, comuniquen el *llac Victòria* amb el *llac Nou*, fet summament pràctic per a poder accedir a altres zones aquàtiques de la cavitat més allunyades i de més difícil accés (Gràcia *et al.*, 2006a). Aquestes tasques les realitza MF al llarg de 20 immersions (FG, BC, PG, César Bodi) del 2005 i 2006. Aquests mateixos anys participa en la realització de fotografies i topografia a la *cova de sa Punta des Moro* en 3 jornades (FG, BC) i en la desobstrucció d'una galeria subaquàtica de la *cova del Pilar* (FG, BC, PG). El 2007 i el 2009, acompanyat de BC, PG i FG explora i topografia al llarg de 5 dies en diferents zones de la *cova des Pas de Vallgornera* i descobreix galeries subaquàtiques al *sector de les Grans Sales* i al nord del *llac Quadrat* (Gràcia *et al.*, 2009a). El 2010, acompanyat per BC, es dirigeixen a l'*avenc des Camp des Pou* per a revisar-ne les possibilitats subaquàtiques (Fig. 24). Aquesta vegada inspeccionen els llacs més occidentals i insignificants de la cavitat, no escorcollats pels britànics l'any 1996. Mateu, en solitari, realitza la immersió i aconsegueix superar l'esfondrament de blocs i assoleix les galeries subaquàtiques horitzontals que permeten sospitar una connexió directa amb la *cova de sa Gleda* (Gràcia *et al.*, 2020). També participa en la filmació de diferents cavitats per Thalassa (FG, PG) (TV3-Televisió de Catalunya), en el programa: Mallorca, laberint de coves.





**Fig. 22.** Fotografia aèria de Portocolom amb la planta de la cova des Coll superposada. Aquesta cavitat felanitxera explorada en dues fases, 1994-96 i 2003-05, va ésser el detonant de l'aparició de l'espeleologia subaquàtica mallorquina.

**Fig. 22.** Aerial photograph of Portocolom showing the floor plan of Cova des Coll. This cavity of Felanitx municipality explored in two phases, 1994-96 and 2003-05, was the trigger for the appearance of Mallorcan underwater caving.



**Fig. 23.** Mateu Febrer a punt d'entrar a la cova de sa Sínia l'any 2004 (Foto F. Gràcia).

*Fig. 23. Mateu Febrer about to enter Cova de sa Sínia in 2004 (Photo F. Gràcia).*



**Fig. 24.** Pere Gamundí al minúscul llac de l'avenc des Camp des Pou que permet la connexió amb la cova de sa Gleda. El primer que va bussejar va ésser Mateu Febrer l'any 2010 (Foto M. A. Amezcua).

*Fig. 24. Pere Gamundí in the tiny lake of Avenc des Camp des Pou that allows the connection with Cova de sa Gleda. The first to dive was Mateu Febrer in 2010 (Photo M. A. Amezcua).*



### **John Freddy Fernández Vergara (FF)**

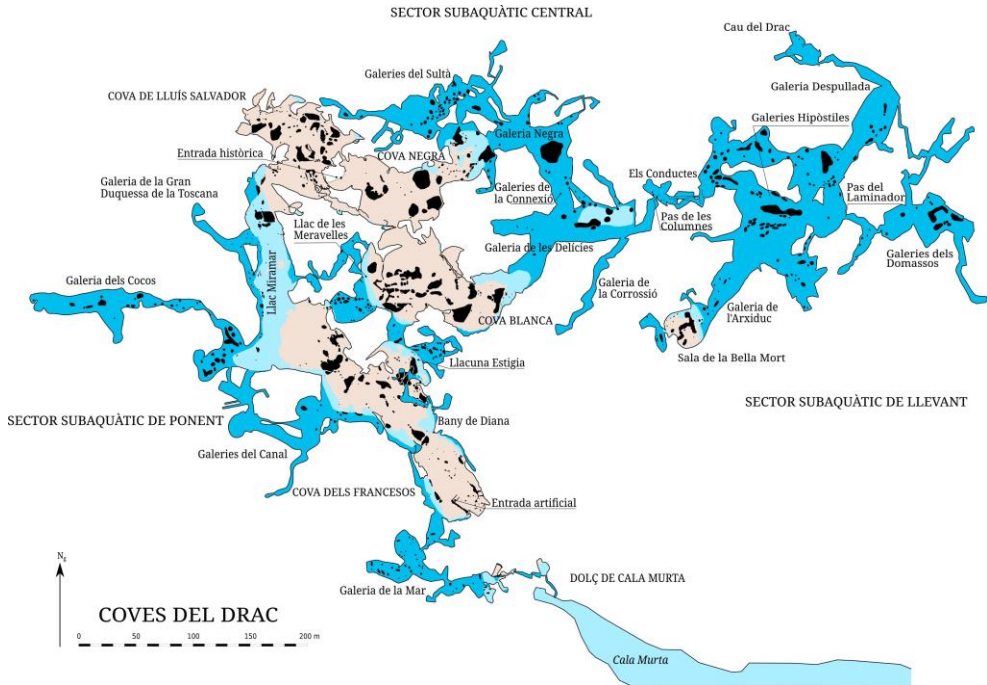
Palmira Valle (Colòmbia), 1981. Es va iniciar a l'espeleobusseig a Múrcia l'any 2002 bussejant a diverses coves com la *cueva del Agua* i la *CT12* o *cueva de la Herradura* (Cartagena), el *Pozo Azul* (Burgos), la *cova del Moraig* (Alacant), així com a coves de França i Mèxic. El mateix any de la seva arribada a Mallorca, el 2012, s'uneix al GNM i d'ençà del 2017 forma part de la SEB (Fig. 25).



**Fig. 25.** J. F. Fernández (a l'esquerre), acompanyat de Xisco Gràcia, Juan Carlos Lázaro i Davide Ansaldi als penya-segats de Felanitx l'any 2014 (arxiu F. Gràcia).

**Fig. 25.** J. F. Fernández (left), accompanied by Xisco Gràcia, Juan Carlos Lázaro and Davide Ansaldi on the cliffs of Felanitx in 2014 (F. Gràcia archive).

El 2012 s'incorpora i forma part de l'equip que investiga *es Dolç* (Gràcia *et al.*, 2014) fins el 2014 (PG, BC, FG, NB), tasques que efectua al llarg de 32 dies. Aquest mateix any realitza tasques de topografia a la *cova des Drac des Rafal des Porcs* (AC). El 2013 revisa el final de la guia instal·lada pels gal·lesos 22 anys abans a les *coves del Drac*. Aconsegueix forçar el *pas de les Columnes* i accedir a un volum considerable, situat al darrera d'aquest massís estalagmític, que constitueix l'anomenat *sector Subaquàtic de Llevant*. A partir d'aquest lloc la cavitat s'expandeix exponencialment (Figs. 26 i 30). També localitza i explora la *galeria de l'Arxiduc* i descobreix la *sala de la Bella Mort*. El 2014 prossegueix les exploracions a les *galeries dels Domassos*, també força un pas molt



**Fig. 26.** Topografia de les *coves del Drac*, efectuada principalment entre 2013-2019. J. F. Fernández aconsegueix superar el *pas de les Columnes* i trobar el *sector Subaquàtic de Llevant*.

**Fig. 26.** Topographic survey of *Coves del Drac*, carried out mainly between 2013-2019. J. F. Fernández manages to overcome the *Pas de les Columnes* and finds the *Sector Subaquàtic de Llevant*.

angost i aconsegueix descobrir el *Cau del Drac* al final de la *galeria Despüllada* (Gràcia *et al.*, 2018a). Continua les aportacions al llarg del 2015, 2016, 2017 i 2019, en un total de 49 jornades d'immersions (FG, AC, NB, FF, MAV, DA, GM, AG, NF, DB, JP, JCL).

A la *cova de sa Piqueta (sistema Pirata-Pont-Piqueta)* realitza algunes immersions al sistema el 2013 (NB, FG). En el rescat de Xisco Gràcia de dins la cova, l'abril del 2017, és una peça clau, interpretant la topografia i preparant el fil-guia al llarg de 800 metres de galeries. Va comprovar els encreuaments i, en estar segur del camí correcte revisant la topografia, va tallar tots els ramals que no portaven de cap a la *sala dels Tres Miracles*, on roman atrapat FG. D'aquesta manera deixa preparada una guia única. Només un centenar de metres el separen de la sala, però ha de regressar a l'entrada en arribat al límit dels terços d'aire. La seva tasca la continua en una altra immersió Bernat Clamor, que aconsegueix contactar amb la víctima un centenar de metres després. El 2019, després de l'aturada de feines a la cova al llarg de tot el 2018, prossegueix amb les investigacions, especialment al *sector de la Terra Incògnita* i *sector del Tàrtar*, tasques que prossegueix el 2020 (Gràcia *et al.*, 2019). Revisa i explora el 2017 alguns indrets de la *cova de sa Tortuga*. Al sistema *Gleda-Camp des Pou* forma part molt activa de les feines efectuades a la cavitat des de l'any 2014 (NB, JCL, FG). El 2020 instal·la uns 200 m més de fil-guia al *sector de l'Avenc des Camp des Pou* i al *sector de Gregal* explora diverses puntes del NE i al nord de

la *sala dels Templers* (GM, DB, AG, JP, FG, NF) (Gràcia *et al.*, 2020). El 2021 prossegueix les tasques al *sistema Gleda-Camp des Pou* i a la *cova des Serral*, on ha realitzat nombroses tasques de topografia i d'exploració.

### Nick Franglen (NF)

Londres (Anglaterra, Regne Unit), 1965. Es va iniciar al món del busseig l'any 2000, el 2010 realitza immersions amb *trímix* als derelictes pregons del canal de la Mànega i s'introdueix a les tècniques d'espeleologia subaquàtica amb la intenció de fer-les servir per entrar als derelictes. Comença a les coves amb el llegendari Martyn Farr, del qual es fa amic i company d'immersions. Visita les coves subaquàtiques de Gales del Sud – *Porth Yr Ogof*, *Pwll-y-Cwm*, *Llygad Lluchwr*, i la *mina de Noxon Hole*. També a les coves de la vall de Lot (França).

S'incorpora a la SEB l'any 2018 a les activitats que es realitzen a les *coves del Drac*, tasques que prossegueix l'any 2019 (Fig. 27). Contribueix amb les feines topogràfiques efectuades a la *galeria de la Mar* i al *sector Subaquàtic de Llevant* (FG, GM, AG, JP, JCL, DA, AC) (Gràcia *et al.*, 2018a).

Al *sistema Gleda-Camp des Pou* s'afegeix el 2019 a l'equip de recerca. El 2020, mentre topografia i revisa la *sala Baixa*, al nord del *sector de Gregal*, troba oberta una de les pun-



**Fig. 27.** Equip d'espeleobussejadors de la SEB al *llac Negre* de les *coves del Drac*, en un dia d'immersió del 2018. D'esquerre a dreta: Guillem Mascaró, Joan Pérez, Álvaro Granell, Nick Franglen i Xisco Gràcia (Foto: V. Pla).

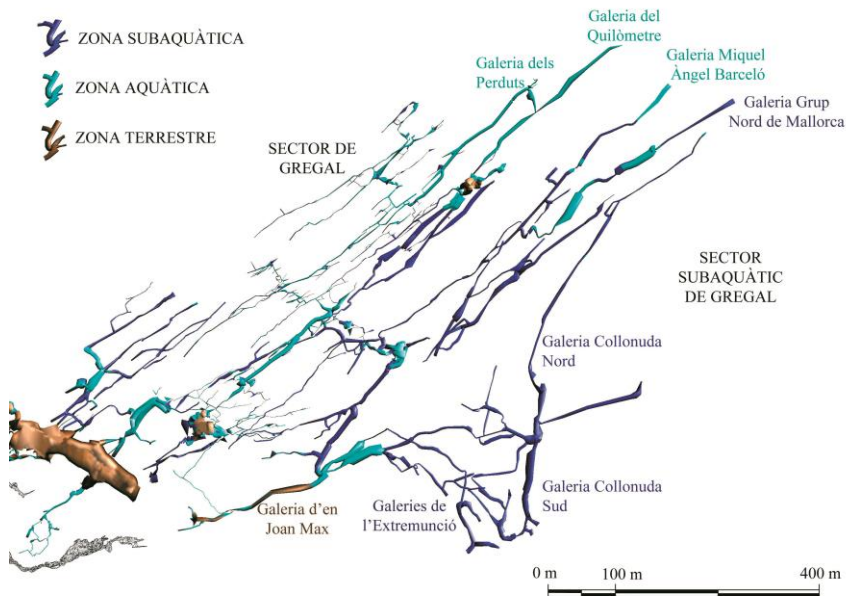
**Fig. 27.** SEB speleodivers team at *Llac Negre* in *Coves del Drac* on a 2018 dive day. From left to right: Guillem Mascaró, Joan Pérez, Álvaro Granell, Nick Franglen and Xisco Gràcia (Photo: V. Pla).

tes i explora la *galeria dels Dos Ulls* (DB, JP, AG, FG, DA, GM, FF) (Gràcia *et al.*, 2020). A la *cova dels Ases* forma part de l'equip de recerca els anys 2019, 2020 i 2021. Ha descobert, al llarg de 22 dies, centenars de metres d'importants continuacions a les zones més allunyades de l'entrada (*galeria dels Horitzons Perduts*, *galeria del Món Llunyà* i *galeria Cúbica*). És un dels exploradors més actius de la gruta (MAP, FG, GM, MAV, JP).

### **Pere Gamundí Frontera (PG)**

Pollença, 1976. Comença a bussejar el 1996 amb escafandre autònom. El 1999 s'inicia en espeleologia terrestre amb el GNM. La primera cova on s'engega a col·laborar amb el seu estudi és la *cova de sa Gleda* (MF, FG) el 2006, així com el *sistema Pirata-Pont-Piqueta* (MF, BC, FG). Aquest any participa en la realització del documental de TVE del programa *Al Filo de lo Imposible "la Isla de las Maravillas"*. Àdhuc contribueix amb la desobstrucció d'un conducte subaquàtic de la *cova del Pilar* (FG, BC, MF). El 2007 prossegueix les tasques topogràfiques a la *cova de sa Gleda* (Gràcia *et al.*, 2007a). Aquest mateix any, amb els membres del GNM (BC, MF i FG), exploren a diferents zones de la *cova des Pas de Vallgornera* i descobreixen més de 2.500 m de galeries majoritàriament subaquàtiques (Fig. 28). Els resultats són grans penetracions al *sector de les Grans Sales*, on troben també trams de galeries aquàtiques aèries. Al nord del *llac Quadrat*, descobreixen l'inici de la *galeria Miquel Àngel Barceló*, travessen la *galeria del Quilòmetre* i prossegueixen més enllà. Exploració amb FG de la *galeria GNM*, uns 920 m en un sol dia. El 2008 exploració de les *galeries de l'Extremunció* i de la *galeria Collonuda Nord* (PG i FG) 650 m en un sol dia. El 2009 exploracions i topografia de la *galeria Collonuda Sud* (PG i FG) (Gràcia *et al.*, 2009a). Participa en l'expedició a la *font des Verger* on topografien les poligonals del síf principal amb FG i JPP amb el suport de MAP, membres de Voltors, GELL, GNM i l'helicòpter de la Guàrdia Civil per transportar 500 kg de material. El 2010 tasques topogràfiques i fotogràfiques a la *cova des Coloms de cala Falcó* i *cova des Coloms de Cala Varques* (Gràcia *et al.*, 2010b). Filmació per Thalasssa (TV3, Televisió de Catalunya) amb en MF i FG de "Mallorca, laberint de coves". En companyia de BC revisa la *galeria de les Delícies* de les *coves del Drac*. El 2011, segona jornada a les *coves del Drac* a la *galeria de les Delícies* de la *cova Blanca*, amb MAP i PG on es fan dues immersions successives, una de fotografia i l'altra de topografia. El 2011 forma part de l'equip de filmació al *sistema Gleda-Camp des Pou* per Cuatro TV, del programa *Inmersión Radical*, de *Desafío Extremo* de Jesús Calleja amb María March, Oscar Espinasa, FG, Jaume Nicolau, MAP, MAV. En aquesta cavitat dedica 46 jornades de feina entre els anys 2006 i 2012 (Gràcia *et al.*, 2010a; 2020) (Fig. 24). Exploració de més de 400 m al *sector Profund* de la *cova des Pas de Vallgornera* amb en AC en direcció al *Laberint Inferior*. Ha participat entre el 2007 i 2010 en 32 immersions a la *cova des Pas de Vallgornera*. El 2012 i 2013 tasques a *es Dolç* (Fig. 29) al llarg de 16 dies (Gràcia *et al.*, 2014) i entre el 2010 i 2014 a les *coves del Drac* (BC, FG, AC, PG) al llarg de 7 dies (Gràcia *et al.*, 2018) (Fig. 30). L'any 2013 organitza diverses expedicions de busseig a la *cova de sa Bassa Blanca*. El 2014 col·labora en filmacions per Televisió Espanyola a *es Dolç* (*Es Dolç: Agua Luminosa*) (MAP, FG) i també a la *cova des Drac des Rafal des Porcs* (MAP, FG).





**Fig. 28.** Sector Subaquàtic de Gregal, zona on es troben la major part de galeries subaquàtiques de la cova des Pas de Vallgornera. Es van explorar i topografiar 10.200 m de galeries sotaiguades al llarg de 79 dies d'ençà de l'any 1995, malgrat han estat especialment intensos els anys, 2007, 2008 i 2009, que han suposat el gruix de la feina feta pel GNM a la cova.

**Fig. 28.** Sector Subaquàtic de Gregal, area where most of the underwater galleries of Cova des Pas de Vallgornera are located. 10,200 m of submerged galleries were explored and surveyed over 79 days since 1995, although the years 2007, 2008 and 2009 have been particularly intense, accounting for the bulk of the work done by GNM in the cave.



**Fig. 29.** Pere Gamundí el 2013 al llac de l'Esfondrat que permet accedir al Dolç Intern (Foto A. Cirer).

**Fig. 29.** Pere Gamundí in 2013 at Llac de l'Esfondrat which allows access to Dolç Intern (Photo A. Cirer).



**Fig. 30.** Membres del GNM preparant el material d'immersió als jardins de les *coves del Drac* el 2014. D'esquerre a dreta: Bernat Clamor, Antoni Cirer, Xisco Gràcia, John Freddy Fernández i Pere Gamundí (Foto M.A. Perelló).

**Fig. 30.** GNM members preparing the immersion material in *Coves del Drac* gardens during 2014. From left to right: Bernat Clamor, Antoni Cirer, Xisco Gràcia, John Freddy Fernández and Pere Gamundí (Photo M.A. Perelló).

### **Miquel Garau**

Membre del grup EST, explora l'any 1974, 40 metres del sífo 2 de la *cova dels Estudiants*, situada al municipi de Sóller, a la serra de Tramuntana (Romero, 1975).

### **Gabriel García**

Membre del grup de catalans del *Departamento de Actividades Científicas de la FEDAS*, que visita Mallorca en dos anys successius, el 1971 i 1972. Ho fan en el marc de la campanya Pollença-71 que organitza el GNM, amb la participació del Grup Espeleològic EST i aquest col·lectiu de Catalunya. El grup el formen G. García, M. Hidalgo, J. Cerdán i L. Astier. L'any 1971 ell i M. Hidalgo exploren els sífons de la *cova de les Rodes*. L'any 1972 exploren i topografien tots quatre, les continuacions subaquàtiques de la *cova Marina des Pont* (Trias i Mir, 1977).

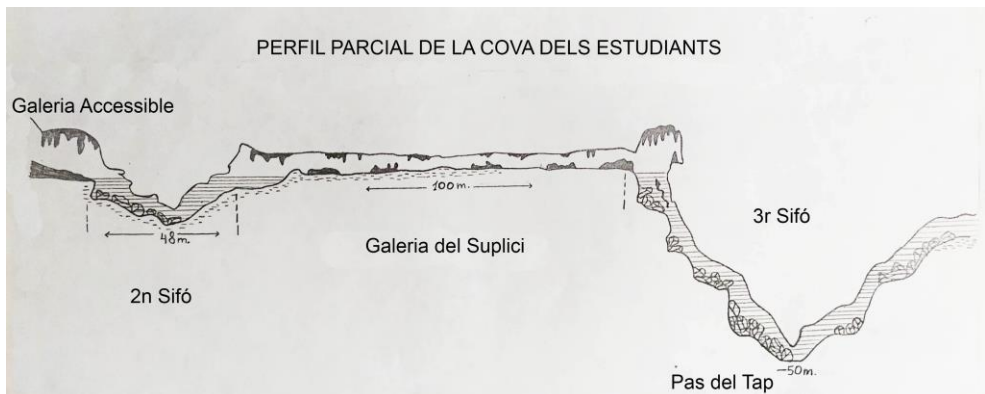
### Josep Maria Gili Salvà

Doctor que forma part del personal investigador a l'Institut de Ciències del Mar. Integrat en el grup de recerca *Ecologia i resiliència dels ecosistemes bentònics en un oceà en canvi*. Ha fet estudis de la distribució de crustacis decàpodes, juntament amb E. Macpherson, a l'interior de la *cova de sa Catedral* i de la *cova JI* a Capdepera (Gili i Macpherson, 1987), on apareixen publicades unes topografies simplificades de les grutes.

### Martí Ginart Gui (MG)

Alcúdia, 1951. Membre del Grup Tritó d'Activitats Subaquàtiques, els anys 1985, 86 i 87 (Anònim, 1991) explora la *cova dels Estudiants* (Sóller), important galeria de drenatge activa, situada a la serra de Tramuntana, almenys al llarg de 8 campanyes (Figs. 12 i 45). L'acompanyen espeleòlegs terrestres i altres col·laboradors per tragarinar l'equipament fins el llac del segon síf i bussos de suport per passar el segon síf i transportar l'equip per una galeria eixuta de més de 100 m de longitud (*galeria del Suplici*). Al final de la galeria s'obri el tercer síf, on aconsegueix superar en solitari el pas més fondo i estret (*pas del Tap*), a 54 m de fondària sota les aigües i remuntar la branca ascendent fins els -40 m (Fig. 31). Tornen en altres ocasions a la cavitat, on en Martí fa de cap d'expedició i coordinador de bussos (AMA, David Rotger, Jaume Oliver "Jimmy Estómac", JMA "Jopelas", Josep Lluís Castelló "el Buitre Galopante", Daniel Ruíz, Antoni Salom).

L'any 1988 al llarg de 4 dies efectua una campanya a la *cova des Bastons*, transporten tot el material d'immersió des de dalt dels penya-segats amb ajut d'espeleòlegs terrestres i escaladors (Figs. 11 i 32). El seu company d'immersió és JMA "Jopelas" (consultar José M<sup>a</sup> Álvarez). Els materials havien progressat molt, ja s'empraven reguladors, però aquestes expedicions implicaven un gran desplegament de material i de recursos humans per ajudar a transportar el pesat i voluminós equipament, ideat per portar les botelles col·locades dorsalment. També forma part de l'equip que explora la *cova d'en Curt* a Menorca, supe-



**Fig. 31.** Detall parcial del perfil de la *cova dels Estudiants*. D'esquerre a dreta, sífó 2, galeria del Suplici i sífó 3 amb la zona de més fondària anomenada *pas del Tap*. Martí Ginart va dirigir diverses exploracions entre els anys 1985 i 1987.

**Fig. 31.** Partial detail of the profile of *Cova dels Estudiants*. From left to right, siphon 2, Galeria del Suplici and siphon 3 with the deepest area called *Pas del Tap*. Martí Ginart directed several explorations between 1985 and 1987.



**Fig. 32.** Martí Ginart amb tres tancs dorsals a la *cova dels Bastons* l'any 1988. Es va tractar d'una expedició "pesada" davallant pels penya-segats que va durar 4 dies (Foto J. M. Álvarez).

*Fig. 32.* Martí Ginart with three back tanks in *Cova dels Bastons* in 1988. It was a "heavy" expedition down the cliffs that lasted 4 days (Photo J. M. Álvarez).

perant un breu sífó (Trias i Ginés, 1989).

### **Pedro Gracia Molero**

Redruth (Anglaterra), 1965. Els anys 1998,1999, 2000 i 2004 acudeix en 15 ocasions a la *cova de sa Gleda* a fer tasques exploratòries, topogràfiques i especialment fotogràfiques. Entre el 1999 i 2000 efectua 5 immersions a la *cova de Cala Varques B* i *cova de Cala Varques ACD*, així com 7 jornades de busseig a la *font de ses Aiguades* (Gràcia et al.,

2001a), a on col·labora en la recuperació de moltes peces arqueològiques (consultar Francesc Gràcia). L'any 2000 participa en les tasques a la *cova de ses Llàgrimes*. El 2003 realitza 4 sessions fotogràfiques de detall als exemplars de *Myotragus balearicus* de la *cova Genovesa*. Entre el 2004 i 2005 porta a terme 7 bussejos a la *cova des Coll*, on es dedica a fer fotografies macro especialment de fauna sèssil al llarg de tota la gruta. Aquests mateixos anys fotografia la *cova de sa Gleda*, la *cova des Drac de Cala Santanyí* i la *cova d'en Bassol* (BC, FG, MF, JLL). Les dues darreres immersions dins coves les efectua l'any 2006 al sistema *Pirata-Pont-Piqueta*.

### **Francesc Gràcia Lladó (FG)**

Palma, 1962. Llicenciat en Ciències Biològiques i Doctor en Geografia per la UIB amb la Tesi: "*Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del Llevant i Migjorn de Mallorca*" (Gràcia, 2015). Ha estat Director de la revista espeleològica *Endins* des de 1996 fins el 2014, vice-president de la FBE i responsable de la Secció d'Espeleobusseig del Grup Nord de Mallorca. D'ençà del 2017 és el president de la Societat Espeleològica Balear (SEB), forma part del Grup de Recerca de Ciències de la Terra (UIB) i és vice-president de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) (Figs. 25 i 30).

Als vuit anys s'endinsa, únicament amb espelmes, a la *cova dels Ases* i altres cavitats de Portocolom properes a ca seva, localitat a on la família passa les vacances. L'any 1980, a l'edat de devuit anys es federa a l'SCM, al llarg d'aquests anys visita les cavitats de major recorregut i fondària de Mallorca en una etapa esportiva. L'any 1993 realitza un curs de busseig amb escafandre i posteriorment visita la *cova Submarina de Cala Sa Nau*.

El 1994, juntament amb PW i Tòfol Monserrat, decideixen fer l'estudi de les cavitats litorals de Portocolom, entre elles la *cova des Coll* i la *cova dels Ases* (RL, OC, i BC). Entre el 1994 i fins el 97 efectua 49 immersions a la *cova des Coll* i 4 a la *cova dels Ases* (Gràcia *et al.*, 1997). El 1995 participa en la revisió de les zones subaquàtiques i en la filmació a la *cova des Pas de Vallgornera* del documental: *el Laberint Subterrani*, de Paco Alburquerque.

El 1997 troba amb BC el jaciment arqueològic de la *cova des Drac des Rafal des Porcs*, a on es fa una excavació d'urgència amb l'autorització de Patrimoni del CIM i amb la col·laboració del GAS encapçalat per l'arqueòleg Juanma Pons. Aquest mateix any explora amb BC la *cova d'en Bassol* i la *cova des Drac de Cala Santanyí*, recerques que es perllonguen l'any 1998, amb 25 i 18 immersions respectivament (Gràcia *et al.*, 1998a, 1998b). En aquestes cavitats troben per primera vegada espeleotemes freàtics corresponents a pulsacions fredes. El 1997 també s'explora i topografia la *cova de Cala Mitjana*, la *cova Submarina de Cala Sa Nau*, primeres immersions a la *cova des Serral* i inicis de les exploracions a la *cova de Cala Varques B* i *cova de Cala Varques ACD*, les tasques en aquestes darreres coves s'allarga fins el 2000, amb 30 i 9 immersions respectivament (Gràcia *et al.*, 2000). També s'engeguen les immersions a la *cova de sa Gleda*.

L'any 1998 rep el premi honorífic Bartomeu Darder de la SHNB, destinat a guardonar el millor treball científic sobre les Balears, pel treball *Les coves de la zona ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca)*. Aquest any capbussa a la *font de ses Aiguades* i troba el jaciment arqueològic. S'efectua un Projecte d'Estudi patrocinat per la Direcció Insular de Patrimoni Històric del CIM amb el títol: *Estudi del Pou d'Alcanada i recuperació de peces*



*arqueològiques i material paleontològic*, a on efectua 13 immersions entre els anys 1998 i 2000 (Gràcia *et al.*, 2001a).

L'any 1999 porta a terme 37 immersions a la *cova de sa Gleda*, en la qual des de l'any 1997 fins el 2021 efectua més de 180 jornades d'immersions (Gràcia i Clamor, 2001; Gràcia *et al.*, 2007a; 2010a; 2020).

Al llarg d'una setmana del mes d'abril de 2000 tres espeleobussejadors del GNM (FG, BC, JLL), amb membres del Departament de Ciències de la Terra de la UIB i de la *Università Roma Tre* efectuen una campanya de recollida de mostres d'espeleotemes freàtics subaquàtics a les cavitats a zona de l'Alguer (Sardenya) per a la seva datació absoluta (consultar Bernat Clamor). Troballa de la *galeria dels Myotragus* i altres inèdites a la *cova Genovesa*. El 2000 participa en el documental de la *cova de ses Llàgrimes* efectuat per la Televisió de Mallorca, amb Joan Montse de presentador (JL, BC, PW, Miquel Alexandre Dot, Pep Florit, Llorenç Florit i Pedro Gracia).

El 2001 forma part del grup de feina, juntament amb Damià Jaume, Guillem X. Pons i Damià Vicens que realitzen el document tècnic, encomanat per la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears, *Atlas de cavitats càrstiques de les Balears elevades a Lloc d'Interès Comunitari (LIC)* (Jaume *et al.*, 2001). Participa en el documental de Canal 33 a *Thalassa: Les edats del mar, els paleonivells*. Entre el 2001 i 2002 exploració de la *sala del Pou Negre* i de la *sala Final* a la *cova Genovesa*, així com desobstrucció i superació del *pas dels Gladiadors* i troballa de les *galeries Fondes*. Troballa del decàpode *Bermudacaris* n.sp. a la cavitat. Campanya paleontològica a la cova, on es documenten i es varen treure per a la seva consolidació i estudi nombrosos ossos de *Myotragus balearicus*. D'ençà del 2000 fins el 2003 realitza 68 immersions a la cavitat (Gràcia *et al.*, 2003a; 2003b).

Ha obtingut 8 projectes de Conservació de la Biodiversitat referents a sistemes de cavitats subaquàtiques de Mallorca per l'Obra Social de SA NOSTRA entre el 2001 i el 2011. També nombrosos treballs han estat contribucions a diferents projectes de recerca finançats pel *Ministerio de Ciencia e Innovación* i pel *Ministerio de Economía y Competitividad*.

El 2002 localitza, amb dos membres del GEAS, el cos de Carlos Pérez, espeleobussejador desaparegut a la *cova de sa Punta des Moro* (consultar Carlos Pérez). D'ençà de la recuperació del cos explora i topografia la cavitat al llarg de 14 jornades. El 2003 s'inicia un altre projecte d'exploració i estudi intensiu de la *cova des Coll* que s'allarga fins el 2005 (BC, MF, Pedro Gracia). FG participa al llarg de 68 dies. Les troballes on intervé són l'exploració de 710 m de les *galeries Laberíntiques* al *sector dels Espectres*; connexió de la *galeria dels Solitaris* amb la *sala del Descobriment* a la part final del *sifó de la Terra Roja (sector del Descobriment)*; connexió lateral prop de la *sala Tancada* amb el *sector dels Espectres*. El 2004 a la *sala Benvinguda* descobreix la *galeria del Flux*, després de forçar un laminador a uns 9 m de fondària (165 m de recorregut). Continuació de les exploracions a les *galeries de Més Enllà* (explorats 230 m). Exploració d'uns 185 m de galeries i sales escampades al *sector Final*. Troballa del nou gènere d'amfípode *Racovella birramea* i del copèpode *Stephos vivesi* a la cova (Gràcia *et al.*, 2005).

Així mateix, explora amb BC el sifó terminal de la *cova des Coloms de Cala Varques* (Gràcia *et al.*, 2010b) i de la *cova des Burrí* (Trias *et al.*, 2009). Descuberta d'un centenar



de metres a la *cova de s'Aigo* (Menorca) on tornarà el 2008 amb nous descobriments inèdits. Amb BC conjuntament amb dos membres de l'IMEDEA, un del Museu de Ciències Naturals de Londres i amb el suport del *Gibraltar Museum*, participen en una campanya de 5 dies a Gibraltar per a l'exploració de *Ragged Staff Cave (Silent Pool)*, cavitat de 52 m de profunditat dins l'aigua, en la qual es varen descriure diverses espècies de crustacis estigobionts. Exploració amb desobstrucció a la *cova de sa Sínia*. El 2005 amb MF retroben la *cova de s'Abisament* i l'exploren al llarg de dos anys i 10 jornades (Gràcia *et al.*, 2006b). El 2005 i 2006 exploració de la *cova des Pont* i connexió amb la *cova de sa Piqueta* al llarg de 22 dies (MF i FG). Les principals fites són l'exploració de més d'un centenar de metres a la *galeria Corcada* a diferents indrets. Amb les noves descobertes hi ha gairebé 200 m de guia que en direcció SW travessa una gran sala aèria (*sala dels Caramells*), molt engalanada i amb continuacions terrestres i finalitza en un altre esfondrament, que ja és la *cova de sa Piqueta*. A la *sala del Tanga* forcen una estretor i accedeixen al que sembla una sala (*galeria Decorada*) (Gràcia *et al.*, 2006a).

Entre les activitats dutes a terme s'ha de comentar la revisió subaquàtica de la *cova de Randa* (Rosselló i Sacarès, 2014). El 2006, desobstrucció de la galeria subaquàtica de la *cova del Pilar* (PG, BC, MF) i exploració d'uns 40 m de sífó. Topografia de coves submarines d'Alcúdia (Vicens *et al.*, 2006). Filmacions de dos episodis de *Al Filo de lo Imposible, la Isla de las Maravillas*, filmat al llarg d'una vintena de dies a la *cova des Drac de Cala Santanyí, cova d'en Bassol, cova des Coll* i *cova de sa Gleda*. El 2006 realitza un cens de les cavitats amb ambient anquihalí i coves amb medi dolçaquícola de les Balears (Jaume i Gràcia, 2006).



**Fig. 33.** Xisco Gràcia a la *galeria Miquel Àngel Barceló* de la *cova des Pas de Vallgornera*. Realitza tasques de recerca a la cavitat especialment entre els anys 2007 i 2009 (Foto A. Cirer).

**Fig. 33.** Xisco Gràcia in *Galeria Miquel Àngel Barceló* from *cova des Pas de Vallgornera*. He performed research work in the cavity especially between 2007 and 2009 (Photo A. Cirer).

Del 2007 al 2009 participa al llarg de 67 dies en una campanya a la *cova des Pas de Vallgornera*, especialment al *sector Subaquàtic de Gregal* (BC, PG, MF) (Gràcia *et al.*, 2009a; 2009b). En resum, des del punt de vista exploratori, en total s'ha aconseguit l'exploració i topografia de 10.200 m de galeries sotaiguades d'ençà de l'any 1995 (Fig. 33). Els resultats són importants troballes al *sector de les Grans Sales*, al nord del *llac Quadrat*, descobreixen la *galeria Miquel Àngel Barceló*, travessen la *galeria del Quilòmetre* i prossegueixen més enllà. També es descobreix la *galeria Grup Nord de Mallorca*. S'explora una galeria lateral a l'oest de la *galeria Miquel Àngel Barceló*, que connecta amb la *plaça de Toros*, zona aèria de la cavitat. La durada del temps dins la cavitat supera sovint les 12 h i s'exploren centenars de metres per jornada, en ocasions superen els 1000 m en un sol dia entre tots els espeleobussejadors. Participació en un capítol de la BBC *Oceans Five* sobre les cavitats subaquàtiques de Mallorca, dedicat al Mediterrani filmat l'any 2007 i emès l'any 2008. El 2008 s'exploren 4.082 m de noves galeries a la *cova des Pas de Vallgornera*, com a principals fites aconseguides es descobreix la *sala de la Fadrina Vella*, la *galeria Endavant les Atxes*, la *galeria i sala Jaume Damians*, les *galeries de l'Extremunció*, la *galeria Collonuda Nord*, la *galeria Collonuda Sud*, la *galeria Hidrotermal* i continuen les exploracions en el *sector de les Grans Sales*. Exploració a Menorca en viatge de la UIB de la *cova de s'Aigo* i també a la *cova des Màrmol* de la mà de Pere Arnau. El 2009 s'han fet tasques exploratòries d'uns 700 m (PG, BC, Jaume Pocoví, MAP, MAV) a la *cova des Pas de Vallgornera*. Aquest mateix any s'organitza una expedició a la *font des Verger* on topografien les poligonals del sífó principal (Jaume Pocoví, PG, MAP) (consultar Pere Gamundí). El 2010 filmació per Canal 33 a *Thalassa* del capítol 492: *Mallorca, laberint de coves* (MF, PG). Entrada al *dolç de Cala Murta*, primera inspecció de la surgència i primer contacte amb la propietat de les *coves del Drac* per intentar obtenir permís. Acudeix a revisar a la *cova Negra* de les *coves del Drac*. Exploracions passat el *sector Max* a la *cova des Pas de Vallgornera* (MAP). El 2011 importants exploracions a la *cova des Serral* (BC) (consultar Bernat Clamor). Exploració zona subaquàtica d'un reduït i obstruït llac terminal de la *cova Novella de na Llebrona* (Trias *et al.*, 2014). Segona jornada a les *coves del Drac* a la *galeria de les Delícies* (MAP, PG) on es fan dues immersions. Programa especial a Cuatro Televisió, l'any 2011 dintre de la sèrie *Desafio Extremo: Inmersión Radical, la Increíble aventura de sa Gleda de Jesús Calleja* (María March, Oscar Espinasa, PG, Jaume Nicolau, MAP, MAV). Aquest mateix any surt el programa d'IB3 *Respostes: Conèixer el passat a través de la mar*. El 2012 exploració del llac de la *cova de ses Tortugues*. Exploració i estudi del *Dolç*, al llarg del 2012 i 2013, on efectua 60 immersions a la gruta (PG, BC, AC, FF, MAP, NB) (Gràcia i Fornós, 2014; Gràcia *et al.*, 2014) (Fig. 34). Exploracions a la *cova de sa Piqueta* amb BC, superació del *pas de l'Amo en Jaume* i continuació de les exploracions a la cavitat. Visita i filmació d'Eduard Admetlla al *sistema Gleda-Camp des Pou* (PG, MAV, MAP, Josep Maria Castellví i Carmen Portilla) (Consultar Miquel Àngel Perelló).

Del 2013 al 2019, treballs a les *coves del Drac* (Figs. 27 i 35), al llarg de 88 jornades d'immersions (FF, AC, GM, JP, N B, JCL, MAV, MAP, Maria Martínez, DA, AG, BC, DB, PG, NF) (Gràcia *et al.*, 2018a; 2018b; 2018c). El 2013 és l'any on es fan la major part de les tasques exploratòries a la cova, amb el descobriment del *sector Subaquàtic de Llevant*. Explora amb FF les *galeries Hipòstiles* i observa per primera vegada i interpreta morfologies hipogèniques a la gruta. Localitza un laminador i descobreix les *galeries dels*



**Fig. 34.** Xisco Gràcia a la *galeria de les Lloses*, el 2013 a es Dolç, on s'observa la laminació de les eolianites pleistocenes (Foto A. Cirer).

**Fig. 34.** Xisco Gràcia at *Galeria de les Lloses*, in 2013 in es Dolç, where the *Pleistocene eolianites lamination* can be observed (Photo A. Cirer).



**Fig. 35.** *Galeries Hipòstiles* de les *coves del Drac* l'any 2013 (Foto A. Cirer).

**Fig. 35.** *Galeries Hipòstiles* from *Coves del Drac* during the year 2013 (Photo A. Cirer).





*Domassos*. El 2018, a la *cova dels Francesos*, es revisa el llac que posteriorment anomenarem *llac de la Mar* i la galeria homònima fins arribar a l'estretor que la separa del *dolç de Cala Murta*. Exploració de la *llacuna Estígia*, que connecta la *cova dels Francesos* amb el *llac d'en Will*.

Exploració i topografia subaquàtica de la *cova de s'illot*. Troballa de la *sala del Rost* a la *cova de sa Piqueta* (BC). Per Televisió Espanyola, filmació de 2 capítols de *Al Filo de lo Imposible* de les cavitats: *es Dolç: Agua Luminosa* i *es Drac: Luz Líquida*, realitzats amb imatges de MAP l'any 2014 i emeses per primera vegada per televisió l'any 2014 i 2015. Realització d'un capítol de la Televisió Alemanya ZDF de la sèrie *Terra Xpress* dedicat a les cavitats *es Dolç* i les *coves del Drac* emès l'any 2014. Aquest mateix any 2014 prossegueixen les tasques a les *coves del Drac*, *cova des Drac des Rafal des Porcs* (PG, FG, MAP), *cova de sa Punta des Moro* (BC). L'any 2015 exploracions a la *cova des Pas de Vallgornera*, al *sector des Mussol* (AK). El 2015 i 2016 *coves del Drac* (JCL, AC, GM, JP, FF, DA, BC, NB). Entre 2013 i 2017 realitza 23 dies d'immersions a la *cova de sa Piqueta* (JCL, AC, GM, JP, FF, DA) (Fig. 36). El 2017 participació al programa d'IB3 Televisió "les Entranyes de la Terra" capítol 112 d'*Això és Mel*. L'abril del 2017 queda atrapat tres dies a la *cova de sa Piqueta* i el seu complicat rescat adquireix gran repercussió mediàtica. IB3 li dedica un documental la *Galàxia submergida de Xisco Gràcia* (cap. 35). L'any 2019 s'incorpora a les recerques a la *cova dels Ases*, on efectua 45 jornades d'immersions fins ara. El 2020 realització d'un documental per la Televisió NZZ Format/SRF-3sat (SRF és el canal públic de Suïssa i 3sat el canal públic d'Alemanya, Suïssa i Àustria). El 2021 reprèn les tasques a la *cova des Serral*, on explora diverses galeries a partir de la *galeria dels Francesos*. Al *sistema Gleda-Camp des Pou* estudi de la litologia i la seva relació amb el desenvolupament de la gruta.

### **Àlvaro Granell García (AG)**

Salamanca, 1979. Instructor de busseig i Technical Cave Instructor. Els seus inicis amb escafandre autònom són de l'any 2008, any que entra a la *cova Submarina de Cala Sa Nau* i el 2013 a la *cova des Drac de Cala Santanyí*. El 2016 viatja als cenotes de zona de la Riviera Maya (Mèxic). S'incorpora a la SEB el 2018 a les tasques efectuades a les *coves del Drac* (Gràcia et al., 2018), on efectua 15 immersions entre aquest any i el 2019 (FG, JP, JCL, NF, DA, GM, AC, FF) (Fig. 27). També ha fet feines topogràfiques i de recollida de mostres litològiques d'ençà de 2019 al *sistema Gleda-Camp des Pou* al llarg de 18 jornades (Gràcia et al., 2020).

### **Adolfo Gregorio Vidal**

Palma, 1948-2019. És un dels pioners de l'escalada clàssica a Mallorca, activitat que comença el 1968. Membre del grup Ahlbaida, obri algunes de les vies d'escalada més característiques de Mallorca els anys 70, com la via del Rombe en el Cornador Gros, la normal des Frare (agulla des Frare), l'Aresta de la Gubia (normal de sa Gubia o via Ahlbaida), l'Esperó Àries (penyal des Migdia) i la Betelgeuse (castell d'Alaró). La Federació Balear de Muntanyisme i Escalada (FBME) li ha dedicat a peu de la muntanya del Cornador una placa commemorativa. A l'estiu de 1971 efectua en solitari una primera incursió aquàtica a la *font des Verger* amb un fred intens i equipat de forma molt inadequada, amb una llanterna de petaca de 4,5 volts recoberta amb una bossa de galetes d'Inca. Amb aquesta precarietat supera el *primer sífó*, en una immersió en apnea i

descobreix la continuació aèria. A l'estiu del 1972 efectua amb en Kiko Ripoll dues immersions a la font. A la primera incursió superen el *segon sifó* i arriben a la *sala de la Cascada*. A la segona porten material per poder descendir fins al *tercer sifó*. El 1973 tornen amb membres de l'SCM per realitzar la topografia (Ripoll i Roca, 1974) (Fig. 4). D'ençà de 1972 fins el 1976 acudeix cada mes d'agost amb en Kiko Ripoll per intentar avançar en l'exploració de la font, exceptuant un estiu per pluges abundants (consultar Francesc Ripoll). Publica el llibre *Memorias deportivas de un escalador mallorquín* (Gregorio, 2013), a on relata, a més a més de les seves experiències al món de l'escalada a Mallorca, amb anècdotes i tràgics successos, les peripècies a les exploracions de la *font des Verger*.

### **Bärbel Grupp**

Alemanya. A finals dels 70 o principis dels 80, amb Franz-Jörg Krieg exploren el *sifó 1* i el *sifó 2* de la *cova dels Estudiants* i troben la *galeria del Suplici* fins arribar al *sifó 3*, on assoleixen els -20 m. (Anònim, 1989; consultar Franz-Jörg Krieg).

### **Miquel Àngel Gual Oliver (MAG)**

Palma, 1967 (Fig. 14). L'any 1990 s'inicia, després de molts d'anys de nedador de competició i pescador submarí, amb el busseig amb escafandre autònom. L'any 1995 es constitueix el GAS (Grup d'Arqueologia Subaquàtica), del qual forma part juntament amb Joan Manel Pons (arqueòleg i principal promotor), RL, Kiko Cabrera, Cuca López i Marc Antoni Prebots. L'any 2000 realitza el curs d'espeleobusseig i la primera cova que visita és la *cova de sa Gleda*. El 2001 participa en la documentació de la *cova Negra* (FG, RL) (Gràcia *et al.*, 2001b). Entre el 2001 i 2003 forma part, al llarg de 32 dies, de l'equip que explora, topografia i filma la *cova Genovesa* (FG, BC, PW) (Gràcia *et al.*, 2003a). Les imatges de MAG es projecten el 2003 a l'*International Symposium Insular Vertebrate Evolution The Palaeontological Approach*. També realitza feines de filmació, marcatge i transport dels exemplars fòssils de *Myotragus balearicus* localitzats a diferents indrets de la gruta per al seu estudi de distribució i recuperació d'alguns dels exemplars. Participa en la retirada d'escombraries de l'entrada de la cavitat al llarg de dos dies. Amb FG topografia la *cova des Coloms de Cala Anguila*. Així mateix ajuda amb la planimetria de la *cova de sa Punta des Moro* i a la recollida per al seu estudi i conservació per l'IMEDEA de fòssils seleccionats de la *cova Genovesa*. També coopera en algunes tasques de la *cova de sa Gleda*. D'ençà de la fundació de la SEB participa de forma molt activa en la Junta de Publicacions de la revista, *Papers de la Societat Balear d'Espeleologia* i en la documentació fotogràfica de moltes coves mallorquines i fotografia de natura en general.

### **José Guindos Bermúdez**

Barcelona, 1946. Forma part de l'equip del CAS Tritón que realitza les primeres immersions els anys 91 i 92 a la *cova des Pas de Vallgornera* (consultar Aníbal Alonso).

### **Gareth Hardman**

Regne Unit. Participa en la campanya de 1996 del CCC, de 9 dies de duració, amb OC, Martyn Farr i Patrick Cronin (Farr, 1997-98). FG i PW els acompanyen a la *cova de sa Sínia* de Portocolom, on Gareth fa la primera immersió i explora una trentena de metres en una galeria estreta i complicada, de la qual realitza en una altra jornada la topografia i un



intent de prosseguir més enllà. Un altre dia es dediquen a realitzar fotografies de la *cova des Coll* i de la *cova dels Ases*, amb Martyn Farr de fotògraf i l'ajut de Pat Cronin amb un flash, del qual Gareth fa de model, són les primeres imatges subaquàtiques de la *cova des Coll*, una d'elles surt elegida per a la portada de la revista *Endins* 21 (1997). Amb Pat Cronin revisen els llacs de les *coves del Pirata* (consultar Martyn Farr).

### **Miquel Hidalgo**

Membre del grup de catalans del *Departamento de Actividades Científicas de la FEDAS*, que visita Mallorca en dos anys successius, el 1971 i 1972. El grup el formen G. García, L. Astier, J. Cerdán i ell mateix. L'any 1971 G. García i ell, exploren els sifons de la *cova de les Rodes*. L'any 1972 exploren i topografien tots quatre, les continuacions subaquàtiques de la *cova Marina des Pont* (Trias i Mir, 1977). (Consultar Lluís Astier).

### **Carlos Huerta Huerta**

València, 1962. Forma part del CAS Tritón. Realitzen les primeres immersions els anys 91 i 92 a la *cova des Pas de Vallgornera* (consultar Aníbal Alonso).

### **Franz-Jörg Krieg**

Alemanya. Tenim constància que els anys 1988 i 89, uns anys després de venir a Mallorca, va bussejar al Marroc, a la Província de Chaouene, al massif del Rif, a la cavitat Ain d'Anou, on explora al voltant de 800 m de galeries. Desconeixem l'any que capbussa en companyia de Bärbel Grupp a la *cova dels Estudiants*, emperò ha d'esser entre el 1975 i abans de 1985. Els resultats són molt enriquidors, per una banda uneixen el *sifó 1* amb l'exterior a través de la *font de s'Olla*. Per altra banda, superen els 50 m del *sifó 2* i descobreixen i recorren els més de 100 m d'una galeria eixuta, la *galeria del Suplici*, i arriben al *sifó 3* (Anònim, 1989). Aconsegueixen arribar als -20 m del *sifó 3*.

### **Anders Daniel Johannes Kristofersson (AK)**

Trosa (Suecia), 1975. Primer practica espeleologia, activitat que comença l'any 2007 amb el grup espeleològic Voltors. L'any 2011 s'inicia al busseig i debuta al busseig de coves l'any 2013, amb la *cova des Drac de Cala Santanyí*. El 2013 participa en la filmació i recol·lecció de mostres de roques i exemplars d'organismes filtradors sèssils descoberts a les galeries més properes a la mar del *sector dels Privilegiats*, a la *cova des Pas de Vallgornera* (MAP, MAV). El 2014 viatja a Mèxic als cenotes amb MAP, MAV i de guia Vicenç Fito al llarg de 10 dies d'immersions. Des d'aquest mateix any fins el 2019 explora i topografia el *sector des Mussol* de la *cova des Pas de Vallgornera* (MAV, MAP). El 2014 participa a les filmacions d'un capítol per Televisió Espanyola del programa *Al Filo de lo Imposible* de les *coves del Drac* (MAP, MAV, PG, FG, MM, AC) i el 2015 de dos capítols de la *cova des Pas de Vallgornera*. L'any 2015 forma part del grup que, al llarg de 4 dies, millora els passos complicats entre blocs i estretes gateres que permeten l'accés als nous sectors de la *cova dels Ases* (MAV, MAP, Joan Montfort, Marcos Herrero, Esmeralda Tébar i GMR).



**Fig. 37.** Robert Landreth (esquerre) i Peter Watkinson l'any 1995 a l'entrada terrestre de la *cova des Coll*.

**Fig. 37.** Robert Landreth (left) and Peter Watkinson in 1995 at the terrestrial entrance to *Cova des Coll*.

### **Robert Joris Landreth (RL)**

1964, neix a la mar, dins un vaixell navegant pel Mediterrani. Es va iniciar alhora en espeleologia i busseig. L'any 1971 aprèn del seu germà a fer servir l'escafandre autònom amb només 7 anys. També aferrat a la seva esquena entra dins coves submarines, franquejant sifons curts. D'al·lot viu anys al vaixell de la mare. El 1985 s'instrueix de les tècniques d'espeleobusseig de la mà de OC, del grup gal·lès CCC i realitza algunes immersions a la *cova dels Estudiants* (OC, IW, etc). L'any 1992 funda la secció d'espeleologia del Club Ciclista Defensora Sollerense (CCDS), existent fins el 1997 (Ginard *et al.*, 2011), posteriorment s'incorpora al GNM i actualment a la SEB. Juga un paper molt important l'any 1995, als inicis de les exploracions a la *cova des Coll* (Fig. 37). FG cercava bussejadors de coves i per recomanació d'Aníbal Alonso contacta amb ell perquè formi part de l'equip d'exploració. Els seus coneixements en tècniques d'espeleobusseig són degudes als contactes amb els gal·lesos del CCC. A través d'ell, OC s'incorpora a l'exploració de la gruta. Introdueixen en les tècniques d'espeleobusseig britànic a FG i PW.

L'any 1995 estabilitza el rost de pedres del llac d'accés a la *cova des Coll* amb una plataforma de fusta i l'assegura amb puntals. Explora uns 200 m, juntament amb PW i FG, la *sala de la Panxa*, la *galeria de les Formacions* fins arribar a la *sala Tancada*, totes del *sector del Patatús*. S'ha de dir que en aquest any fan servir tres tancs a l'esquena que acoblen al llac d'entrada. Participa en l'exploració i tasques a la *cova des Coll* al llarg de 7

dies (Gràcia *et al.*, 1997). L'any 1997 i com a doble militància en el grup d'espeleobussejadors i també en el GAS (Grup d'Arqueologia Subaquàtica) contribueix a una excavació d'urgència a la *cova des Drac des Rafal des Porcs* a on s'encarrega de documentar amb fotografies el jaciment que es localitza al rost del llindar del llac (FG, BC). Aquest mateix any documenta fotogràficament la *cova de Cala Mitjana* (PW, FG, BC) i busseja a la *cova des Bastons*. El 1998 fotografia la *cova des Drac de Cala Santanyí* (BC, FG). Així com a la *cova Negra* l'any 2001 (MAG, FG), cavitat d'entrada submarina que es troba a cala Figuera (Gràcia *et al.*, 2001b), endemés de retratar la continuació submarina del *torrent Fondo de Mortitx* (Gràcia *et al.*, 2001c). El mateix any s'ocupa de realitzar més fotografies terrestres i subaquàtiques de la *cova Genovesa*, tasques que s'allarguen fins el 2002 (BC, FG, PW) i també de la *cova de ses Llàgrimes* (Gràcia *et al.*, 2003c).

### **Juan José Lavergne Martínez (JLL)**

Barcelona, 1965. Membre del GNM. El 1997 s'incorpora a les activitats d'espeleobusseig a la *cova des Bastons* i a la *cova d'en Bassol*. Exploració al sector Clàssic de la *cova de sa Gleda* (BC i FG). Al llarg de 5 immersions dels anys 1998, 1999 i 2000 ajuda amb l'extracció i documentació de peces arqueològiques de la *font de ses Aiguades*, que són dipositades a Patrimoni del Consell Insular de Mallorca per procedir al seu estudi i conservació. També contribueix en 15 immersions, d'entre 1998 i 2000, a les tasques topogràfiques a la *cova de Cala Varques B*. El 1999 connecten (FG) la *cova de Cala Varques C* amb la *cova de Cala Varques D* (Gràcia *et al.*, 2000). Amb FG descobreix la *sala dels Dos Llacs* de la *cova de sa Gleda* i progressen per la *galeria dels Degotissos* del *sector de Ponent*. Explora amb FG la *sala Tancada* de la *cova des Coll* el 1998, on aconsegueixen forçar el pas i prosseguir més enllà. Troballa el 1999 del *pas d'en Judes* i descobriment del *sector Cinc-Cents a la cova de sa Gleda* (BC, FG) (Fig. 38). El 2000 participa en l'exploració de la *cova de ses Llàgrimes*, amb la desobstrucció i troballa del *llac Blau* (Miquel Alexandre Dot, PW, FG, BC). També forma part de la realització d'un documental per Canal 4 TV de la gruta. Viatge a l'Alger el 2000, al capo Caccia (Sardenya) en una expedició de 7 dies amb la UIB i la Universitá Roma Tre (FG, BC). Prossegueixen les exploracions a la *cova de sa Gleda* al *sector de Gregal* principalment. Entre el 1998 i el 2001 efectua més de 60 immersions a la gruta (BC,FG, Pedro Gracia) (Gràcia *et al.*, 2020). A les darreries de l'any 2000 descobreix la *sala Grup Nord de Mallorca* i en dates posteriors la *sala Esfondrada* a la *cova Genovesa*, al llarg de 10 immersions.

El 2001 revisa el *sector Antic* de la *cova des Pas de Vallgornera*, en tres sessions d'immersions, juntament amb en BC i FG. S'agafen les poligonals de la branca oriental del sector Antic, aprofitant les guies originals instal·lades pels bussos del CAS Triton l'any 1991. A uns 70 m de la *platja dels Fòssils* (llac d'entrada), s'acaba la guia, prop d'unes formacions estalagmítiques. Se desobstrueix el pas i aconsegueix avançar per una galeria que comunica amb un espaiós àmbit, aquest condueix fins a un esfondrament recobert de colades que barren el pas dins l'aigua. Es veuen possibilitats de continuació, però com cal sortir de l'aigua es decideix deixar-ho per més endavant. Desconeixen que, a pocs metres de l'obstacle que obliga a sortir de l'aigua, es troba la *sala Que No Té Nom*, que serà descoberta pels espeleòlegs terrestres 3 anys més tard, accedint des de la *sala de na*

Bàrbara. Tanmateix han descobert la connexió directa entre la *platja dels Fòssils* i la *sala Que No Té Nom* que serà molt útil per transportar el material a zones més allunyades.



**Fig. 38.** Preparatius abans de la immersió a la *cova de sa Gleda* l'any 1999, asseguts al safareig que es troba prop de l'entrada. D'esquerra a dreta: Bernat Clamor, Juan José Lavergne i Xisco Gràcia (Foto R. Landreth).

*Fig. 38. Preparations before diving in Cova de sa Gleda in 1999, sitting in the laundry room near the entrance. From left to right: Bernat Clamor, Juan José Lavergne and Xisco Gràcia (Photo R. Landreth).*

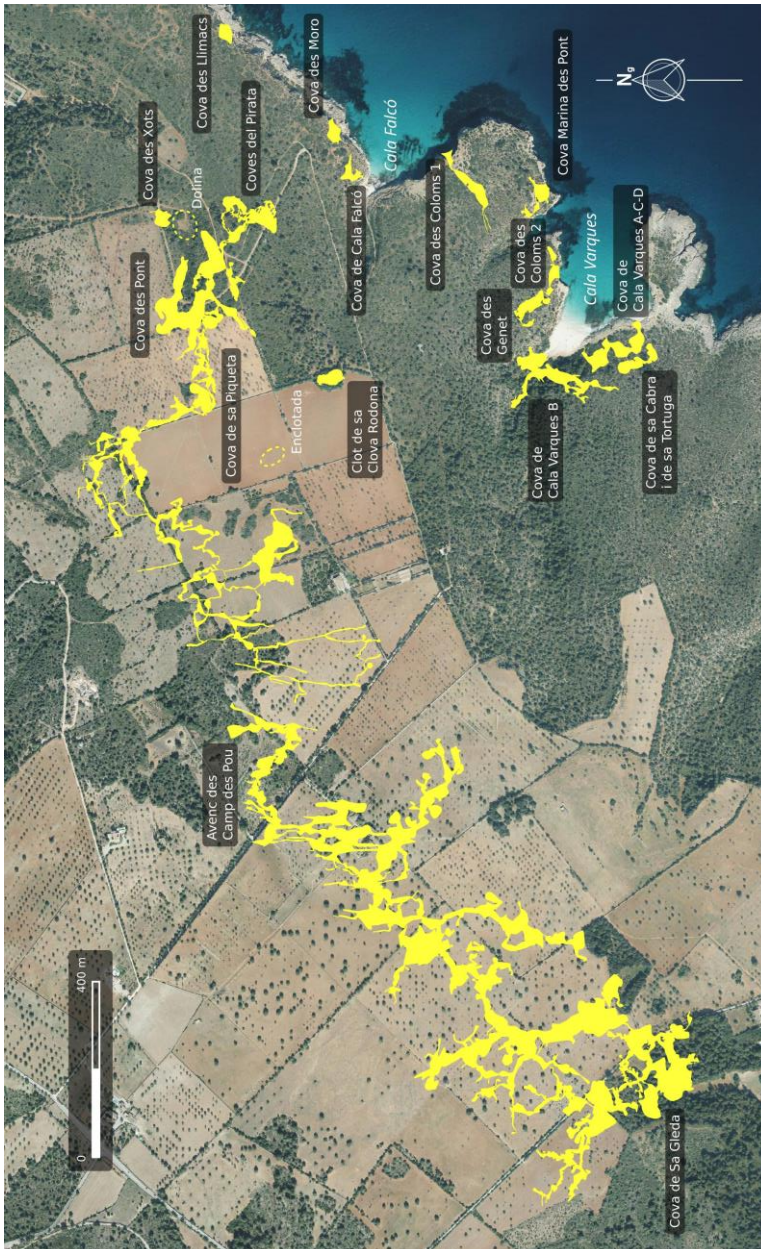
### **Juan Carlos Lázaro Briz (JCL)**

Palma, 1970. Prové del món del busseig en aigües obertes, on se submergeix per primera volta l'any 1988. El 2010 efectua la primera immersió dins cenotes de Mèxic. Se treu el 2014 la titulació de coves, s'apunta al GNM (Fig. 25) i se submergeix a la *cova de sa Gleda*. Participa a les tasques efectuades a les *coves del Drac* al llarg de 7 jornades d'immersions dels anys 2015, 16 i 18 (AC, GM, FG). Pren dades topogràfiques de la *galeria de la Gran Duquesa de la Toscana* i de la *galeria dels Cocos* (sector *Subaquàtic de Ponent*) i de diversos llocs del sector *Subaquàtic de Llevant* (Gràcia et al., 2018a, 2018b).

L'any 2014 i 2015 efectua 11 immersions al sistema *Gleda-Camp des Pou*, normalment amb propulsor i en companyia d'Antoni Cirer (AC, FG, FF, NB, MM). Les principals tasques que realitza a la gruta són la presa de dades d'amplàries del sector de *Gregal* i del sector *Llunyà* (Gràcia et al., 2020).

El 2015 s'afegeix a les feines al sistema *Pirata-Pont-Piqueta* i prossegueix 17 dies fins el 2017 (Figs. 14 i 39), normalment efectua les immersions amb AC de company de busseig (FG, GM, JP, NB, FF, DA, BC, NF, BC). Exploren i fan la topografia de les *galeries de la Balena*. Surten a la *sala Mireia*, zona terrestre i al final de la sala, després de





**Fig. 39.** Les exploracions efectuades al sistema Pirata-Pont-Piqueta han permès veure la relació amb l'altre gran sistema de la contrada, el sistema Gleda-Camp des Pou.

**Fig. 39.** Explorations carried out in the Sistema Pirata-Pont-Piqueta have made it possible to see the relationship with the other large system in the region, the Sistema Gleda-Camp des Pou.

superar 130 metres i un desnivell perillós, troben un llac terminal que sembla que segueix sota les aigües. Han entrat en el que denominarem *sector del Manatí*. Les exploracions prossegueixen a bon ritme, més endavant descobreixen la *sala dels Tres Miracles*. El 2016 intenten trobar un pas que connecti les *galeries de la Balena* amb la *galeria Mireia* sense haver de sortir fora de l'aigua i emprar tantes energies i temps en transportar el material al llarg de tota la *sala Mireia*. Es troba un laminador (*pas Enviudador*) que segueix per la galeria homònima. Després de dos dies d'intents dificultosos a causa de la gran quantitat de sediment i la mala visibilitat que es genera, s'aconsegueix la connexió de la *galeria Enviudadora* per dos llocs diferents amb la *galeria Mireia*. També es connecta amb la *galeria Oblidada*, entrant pel *pas Oblidat*. Malgrat que s'ha de fer més distància, és més fàcil de transitar. Es veu que les galeries subaquàtiques que parteixen des d'aquí agafen més volum en direcció aproximada de 300°, són les *galeries dels Almogàvers*. L'exploració de la *sala del Tàrtar* continua i només en un dia, instal·len devers 400 m (AC). Actiu fins el 2017 (Gràcia *et al.*, 2019).

### **Pilar López Martínez**

Barcelona, 1967. Membre del CAS Tritón. Forma part de l'equip que efectua les primeres immersions a la *cova des Pas de Vallgornera* els anys 91 i 92 (consultar Aníbal Alonso).

### **Enrique Macpherson Mayol**

Cádiz, 1951. Descendent de família d'Escòcia. Actualment és doctor en biologia i un dels millors experts mundials en taxonomia de crustacis decàpodes. Ha descrit més de dues-centes noves espècies per a la ciència, especialment de crancs galateids. Personal investigador a l'Institut de Ciències del Mar a Barcelona, ha fet l'estudi de la distribució de crustacis decàpodes, juntament amb Josep Maria Gili, a l'interior de la *cova de sa Catedral* i de la *cova JI* a Capdepera (Gili i Macpherson, 1987), on apareixen publicades unes topografies molt simplificades de les grutes.

### **Maria Martínez Palou**

Llucmajor, 1978. S'inicia en el busseig en aigües obertes l'any 1998. Ha fet de model de fotografia submarina per la seva parella Antoni Cirer "Xirino" i participa a molts de concursos. Entre els nombrosos guardons aconseguits destaca el del Campionat Mundial per Equips i 2 medalles d'or en el Mundial de Fotografia Submarina de l'any 2007. El 2010 viatgen als cenotes de Mèxic i s'aficionen a les grutes inundades. Aquest mateix any fa de model a la *cova des Pas de Vallgornera*, el 2012 i 2014 a la *cova de sa Gleda* i a *es Dolç*, entre el 2013 i 2015 en 15 ocasions a les *coves del Drac* on també ha fet de model de MAP per a la filmació d'un episodi de Televisió Espanyola de la sèrie *Al Filo de lo Imposible* de la *cova des Drac: Luz Líquida*, a on recorre les bel·leses subaquàtiques de la *galeria de les Delícies* amb la música del grup Antònia Font "Batiscafo Katiuscas". Així mateix ha fet de model a la *cova des Drac de Cala Santanyí*, a la *cova Genovesa* i a la *cova Submarina de Cala Sanau*.



### **Guillem Mascaró Veny (GM)**

Felanitx, 1962. Comença a bussejar a la mar l'any 1986 i al busseig dins coves el 1988, amb immersions a grutes submarines. Posteriorment agafa més experiència a la *cova de sa Finestra* i la *Catedral*. La primera cavitat important és el 2003 a la *cova des Pas de Vallgornera*. Als inicis pertany al GNM i s'agrega a la SEB d'ençà del 2017. De l'any 2015 al 2019 realitza 36 immersions a les *coves del Drac* (Fig. 27), efectuant tasques molt diverses, especialment topogràfiques (JP, JCL, AC, FG, FF, DA, BC, NB). Descobreix a la *galeria de les Delícies* un nivell inferior on s'assoleix la cota de més fondària de la cavitat, els -24,5 m (Gràcia *et al.*, 2018a). El 2015, 2016, 2017 i 2019 forma part de l'equip d'exploració i topografia de la *cova de sa Piqueta (sistema Pirata-Pont-Piqueta)*, a la qual efectua 17 immersions (JP, JCL, AC, FG, FF, DA) (Gràcia *et al.*, 2019). L'any 2017 surt de la *cova de sa Piqueta*, fent un gran revolt sota l'aigua, per demanar ajuda per treure a FG de la cavitat. Ha ajudat a efectuar la topografia de la *cova des Bastons* (JP). El 2019 s'incorpora al grup de recerca de la *cova dels Ases*, tasques que segueix fins al 2020 (MAP, FG, MAV, JP, NF). Al llarg dels anys 2020 i 2021 contribueix a les tasques de recerca del *sistema Gleda-Camp des Pou* (JP, AG, FG, DA, NF, DB) (Gràcia *et al.*, 2020). El 2021 participa a la topografia de la *cova des Serral*.

### **Rafael Minguillón Forteza**

Sóller, 1968. Espeleòleg terrestre i instructor de busseig del grup *Actividades de Montaña y Espeleo* (GAME) i que ha fet esporàdicament incursions a l'espeleobusseig. Va adquirir notorietat la immersió que va realitzar a la *cova de sa Campana* l'any 2015 al llac que va descobrir el grup GAME després d'efectuar dues desobstruccions i trobar una sala inèdita (García i Minguillón, 2016). A la cota més fonda s'obri el llac que porta el seu propi nom *llac Minguillón*, és el llac subterrani, d'origen freàtic, situat a més profunditat dels que fins ara es coneixen a Mallorca. El llac es troba a uns 334 m de fondària respecte a l'entrada de la cova i per arribar fins a ell és necessari organitzar una expedició al llarg de moltes hores per poder transportar l'equipament d'immersió. El llac presenta elevades acumulacions de fang que juntament amb les característiques morfològiques de la sala i la caiguda de material de les parets, fan complicat el busseig. No s'han trobat continuacions importants, llevat de la fondària de 24 m del llac, que incrementa la cota de desnivell total fins els 358 m. El llac mesura uns 30 m de longitud (Félix Gutiérrez, Marina Vergara, Vicente Pardo, Alberto Martín i Marcel Pacheco).

### **Cristòfol Monserrat Veny**

Felanitx, 1971. El 1994 s'incorpora a les tasques a d'estudi de les coves de Portocolom amb en PW i FG. Realitza feines terrestres a la *cova dels Ases*, *cova des Coll* i *cova de sa Sínia* que es perllonguen fins el 1996. A la primera busseja per poder accedir i topografiar la *sala Final*. També participa en la topografia d'algunes coves litorals de Portocolom (Gràcia *et al.*, 1997). El 1995 inicia l'exploració terrestre de la *cova d'en Bassol* (FG, PW). El 1997 forma part de l'equip que topografia la cova de Cala Mitjana i el 2000 la *cova de Cala Varques ACD*.

### **Marcos Antonio Moreno García**

1976-2004. Policia local de Sant Llorenç. Aficionat al busseig a la mar i sense coneixements de busseig espeleològic. El 12 d'octubre de 2004 s'introdueix a la *cova J-1* (Capdepera), d'uns 150 m de longitud i amb presència de molt de sediment. Ubicada entre la punta de na Foguera i el cap des Freu. Forma part d'un grup de sis bussejadors d'aigües obertes que s'endinsen a la cavitat sense instal·lar tan sols un fil-guia. Pensen erròniament que es troben a la *cova de la Catedral* que s'ubica a les proximitats de la *cova J-1* i que no presenta gaire dificultats. Els darrers del grup se n'adonen que s'està alçant sediment i s'aturen fent senyals als de davant sense èxit. Els dos que encapçalen la colla, ell i en Pere Nadal, s'endinsen deixant darrera ells un núvol de sediment que s'alça a mesura que remenen el fons amb les aletes. Ja és massa tard, en adonar-se'n i sense fil-guia comencen una desesperada recerca de la sortida, només tenen visibilitat a escassos centímetres del rostre i entren en un estat de pànic, especialment en Marcos Moreno. Aquest, a cegues i totalment espantat, incrementa exponencialment el consum d'aire i avança de forma caòtica sense un rumb clar, cercant desesperadament la sortida i sap, amb visibilitat zero, que l'aire se li està acabant. No ho aconsegueix (consultar Pere Nadal).

### **Hilari Moreno Molla**

Barcelona, 1974. S'inicia a l'espeleologia a finals dels anys 90 i a l'espeleobusseig d'ençà de l'any 2000. Membre de la Federació Catalana d'Espeleologia i del seu grup de rescat, instructor de la unitat de busseig dels Mossos d'Esquadra. Exploracions en la *font Bordonera* (Lleida) i sifons terminals en Escuin i Cotiella (Osca). El 2009 visita la *cova des Pas de Vallgornera* amb Enrique Ballesteros, FG, BC i Xavier Alemany i el mateix any la cova d'en Bassol (Virginia Soria, MAP, MAV, FG). El 2014 participa en les filmacions per televisió amb Josep Guarro de les *coves del Drac* (FG, MAV, MAP) per a un episodi de *Al Filo de lo Imposible* de Televisió Espanyola, en el programa: *es Drac, luz Líquida*. Forma part de l'equip de rescat que treu, juntament amb Enrique Ballesteros, a FG de la *sala dels Tres Miracles* de la *cova de sa Piqueta* el 17 d'abril de 2017. La seva missió és portar tancs amb nítrix perquè FG pugui sortir de la cavitat. Tasca que s'efectua al tercer dia de permanència de l'accidentat a la cova. Ambdós bussos venen expressament en helicòpter de Sabadell per procedir al rescat (Gràcia *et al.*, 2019). L'èxit és premiat amb l'atorgament de la medalla *Cruz con Distintivo Rojo* de la guàrdia civil. Es dona la circumstància que ha estat el primer civil que ha aconseguit aquest guardó.

### **Guillem Mulet Rebassa (GMR)**

Llubí, 1962. Membre del GELL i president de la FBE d'ençà del 2008. Espeleòleg, s'inicia al món de l'espeleobusseig anys després. Exploració l'any 2012 i 2013 de més d'un centenar de metres al *sector de l'Avenc des Camp des Pou* (*sistema Gleda-Camp des Pou*), trobat per Ramón Martínez després de complicades i perilloses desobstruccions (Martínez i Mulet, 2013). El 2013 efectua exploracions a la *cova des Pas de Vallgornera* amb MAP, a la *galeria de les Columnes* i al *Gran Canyó* (*sector Gran Canyó Sub*), situat a gairebé 3 km de l'entrada de la cova (Fig. 40). En aquesta darrera localització al llarg de tres expedicions, instal·len uns 300 m de fil-guia amb una direcció més o menys rectilínia de 240°, per prosseguir Guillem uns altres 100 m més sense fil-guia fins arribar a una sala amb aire (Mulet, 2013). A totes les expedicions es compta amb l'ajut de portadors, entre 6 i 9, ja

que per arribar a les zones d'immersió fan falta hores d'aproximació carregats amb el material. En una altra expedició tornen a la mateixa zona i al llac del *Stargate*, prop del sector *Profund*.



**Fig. 40.** Guillem Mulet (esquerre) i Miquel Àngel Perelló a la *cova des Pas de Vallgornera* l'any 2013, preparats per a una immersió a les zones del NW de la cova.

**Fig. 40.** Guillem Mulet (left) and Miquel Àngel Perelló at *Cova des Pas de Vallgornera* in 2013, ready for diving in the NW areas of the cave.

El 2014 efectua la primera immersió al sector nou de la *cova dels Ases* acompanyat del descobridor, Ramón Martínez. Al llarg de diferents dies explora els llacs propers a la zona terrestre, trobant la *sala Posidó* fins arribar a la *sala de na Malen*, zona aquàtica amb una gran cambra aèria i un elevat nivell de CO<sub>2</sub> del tot irrespirable (Mulet, 2014). Els darrers anys realitza exploracions a diferents llocs de la *cova des Pas de Vallgornera*, entre ells les prospeccions subaquàtiques passat el *sector dels Clypeasters* i la *galeria Voltors* a la zona *Més Endins*.

### **Pere Antoni Nadal Cebey**

1969. Bussejador d'aigües obertes. El 12 d'octubre de 2004 s'introdueix a la *cova J-1* (Capdepera), en companyia de Marcos Moreno i 4 bussos més, sense fer servir fil-guia i pensant que s'introdueixen dins la *cova de sa Catedral*. Pere i Marcos van al davant i se veuen bloquejats pel sediment que s'ha alçat darrere ells. Pere entra de forma casual de cap a l'interior de la gruta, a la zona d'aigües netes, i veu al sostre un mirall d'aigua, senyal de la presència d'una cambra aèria. Ascendeix fins a la cambra d'aire i es col·loca damunt un petit replà que el deixa gairebé fora de l'aigua, llevat dels peus, i espera pacientment. A l'endemà, després de 28 hores d'espera Pedro se n'adona de la presència dels rescatadors del GEAS dins la gruta i els fa senyals lluminoses amb la llanterna. L'operació de rescat va

esser molt polèmica per la falta de material adequat per part dels membres del GEAS entre d'altres problemes, fets denunciats per la pròpia *Associació Unificada de la Guàrdia Civil* (AUGC) que es van fer públics als mitjans de comunicació i per no demanar la col·laboració dels especialistes d'espeleobusseig del GNM de la Federació Balear d'Espeleologia, malgrat el seu oferiment, que també es va fer públic en una carta de la FBE adreçada als diaris locals. De fet, els membres del GEAS es van haver d'endinsar a la cova amb les mateixes llanternes dels quatre bussos que inicialment van aconseguir sortir de la gruta. Primer realitzaren una primera immersió de 20 minuts sense resultats i més tard es tornen a submergir i han d'avortar la immersió per la manca de material. Una vegada arribats més reforços recuperen el cos de Marcos Moreno i a les 18,10 hores es procedeix a efectuar una altra entrada a la cova que s'ha de suspendre per falta de bateria de les llanternes i focus. Ja se donava per mort a Pere Nadal. A l'endemà es reprenen les tasques de salvament amb tots els mitjans disponibles del GEAS i s'efectua la troballa de Pere a la cambra aèria. El supervivent tenia símptomes d'hipotèrmia degut a les hores en que va restar immòbil a la cavitat.

### **T. E. Nixon**

Regne Unit. Membre del CCC. L'any 1993 forma part de l'expedició que procedeix de Gal·les (OC, IW). Aquest any realitzen diverses immersions a la *cova des Estudiants*, on troben el *sifó 2.9*. A pocs metres de l'inici localitza al sostre una cambra d'aire que comunica amb una galeria eixuta que explora una vintena de metres (Williams, 1993). Dins el *sifó* prossegueixen fins a -30 m. A la *cova des Pas de Vallgornera*, al *sector Antic* exploren algunes continuacions (consultar Owen Clarke).



**Fig. 41.** Transport del material d'immersió a través de la *galeria del Suplici*, galeria de 100 metres de longitud entre el *sifó 2* i el *sifó 3* de la *cova dels Estudiants*, en una de les expedicions dirigides per Martí Ginart l'any 1986 (Arxiu Martí Ginart).

*Fig. 41.* Transport of the diving material through the *Galeria del Suplici*, a 100 m-long gallery between *siphon 2* and *siphon 3* of *Cova dels Estudiants*, in one of the expeditions led by Martí Ginart in 1986 (Martí Ginart archive).

### **Jaume Oliver “Jimmy Estómac”**

Bomber de Palma, aficionat a l'espeleologia i a l'escalada. En un principi forma part de l'antic GEM (Grup Espeleològic Mallorquí), grup liderat per Andreu Radó, encara que qualque any es va afiliar al grup EST. Els anys 1986 i 1987 pertany a la secció d'Espeleologia del GEM (Grup Excursionista de Mallorca). Aquests anys explora la *cova dels Estudiants*, amb l'agrupació GEM-TRITON (Fig. 12). Juntament amb David Rotger i l'ajut de bussejadors que transporten material pel *sifó 2* i per la galeria eixuta de 100 m entre sifons (*galeria del Suplici*) (Fig. 41). Al *sifó 3* pateix problemes per compensar i queda enrere, mentre el seu company David Rotger se submergeix. En davallar més se li espenya el regulador i ha de tornar a la superfície. A dalt els bussejadors de suport li baraten el regulador i es torna a submergir. Mentre DR ha superat el *pas del Tap* i en començar a remuntar la branca ascendent s'apaga l'única llanterna i es queda a les fosques tot sol. Torna enrere sense llum, aferrat al fil-guia. En passar el *pas del Tap* i ascendir es troba amb en Jaume que davalla i avorten la immersió. Alguns dels companys són Martí Ginart, Pep Castelló “el Buitre”, David Rotger, Daniel Ruiz, Toni Salom i Ana Maria Abril (Anònim, 1991).

### **Kenny Passant**

Regne Unit. Membre del CCC. Ha participat en l'expedició a les *coves del Drac* de l'any 1991 de 14 dies de duració amb OC i IW (consultar Owen Clarke). En aquesta campanya, amb dues immersions per dia, troben importants continuacions al *llac Negre*, al *llac de les Delícies* i al *llac Martel*, la qual cosa suposa la principal descoberta subaquàtica del CCC al carst del Migjorn de Mallorca (Clarke, 1991, 1991-1992a, 1991-1992b; Gràcia *et al.*, 2018a).

### **Miquel Àngel Perelló Estelrich (MAP)**

Palma, 1965. S'inicia a l'espeleobusseig amb el CAS Tritón. Ha format part del GELL i del GNM, i juntament amb MAV funden Explorestrem. Actualment també és membre de la SEB. Bussejador professional, instructor avançat i instructor de coves i busseig tècnic. S'ha especialitzat en la fotografia i la filmació de cavitats, als seus inicis comença revelant diapositives i filmant en 8 mm. És dels primers que posa en pràctica la tècnica de fotografia amb llum “no-flash” que més endavant se denominarà “llum continua”. Amb el col·laborador Marcos Herreros han estat fabricant focus dels més potents del món per poder il·luminar i filmar grans volums dins coves.

És un dels components que van començar amb les exploracions a la *cova des Pas de Vallgornera*, al *sector Antic*. Una bona part de l'any 1998 es dedica a recórrer mitjançant propulsors, des del port de Sóller, el litoral de la costa nord de la serra de Tramuntana, a la recerca de grutes, sense obtenir descobriments destacables. L'any 2001 visita i fotografia els cenotes de Mèxic per primera vegada. El 2008 i 2009 realitza sessions fotogràfiques a la *cova des Pas de Vallgornera* amb FG (Gràcia *et al.*, 2009a). El 2009 participa en l'expedició a la *font des Verger* on es topografia les poligonals del sifó principal (FG, JPP), amb el suport de membres de Voltors, GELL, GNM. Aquest mateix any fotografia la *cova d'en Bassol* (MAV, FG). El 2009 surt publicat un article: *les cavités litorals du Migjorn de Majorque, la plongée souterraine a Majorque*, realitzat amb fotografies seves i entrevista personal a la revista *PlongeeSout'Mag* num 8. L'any 2010 efectua la filmació de la *cova*



*des Pas de Vallgornera* i també de la *cova de sa Gleda* (FG, PG). En aquesta darrera gruta li dedica moltes jornades de filmació i fotografia al llarg dels anys 2010 al 2021. A la *cova des Pas de Vallgornera* explora i descobreix importants continuacions passada la *pista Americana* del *sector Antic*, més enllà de la *galeria d'en Joan Max* (MAV), l'anomenat *sector dels Privilegiats*. Cessió d'imatges per Canal 33 a *Thalassa* del capítol 492: Mallorca, laberint de coves (MF, PG). El 2011, participa a la segona jornada de revisió subaquàtica a les *coves del Drac* a la *galeria de les Delícies* de la *cova Blanca* (FG, PG) on es fan dues immersions, una de fotografia i l'altra de topografia. Aquest mateix any fotografia la *cova des Coll* (FG). Filmació de la *cova des Pas de Vallgornera* després de la *via Max* (MAV, PG), del *sector dels Privilegiats* (MAV, FG, AC), de la *galeria Miquel Àngel Barceló* (AC, FG i JPP). Tots aquests anys prossegueix les exploracions a la *cova des Pas de Vallgornera*. El 2011 forma part de l'equip subaquàtic al *sistema Gleda-Camp des Pou* de l'equip de filmació per Cuatro TV del programa *Inmersión Radical*, dins el programa de *Desafío Extremo* de Jesús Calleja amb María March, Oscar Espinasa, PG, Jaume Nicolau, FG, MAV. Filmació de la *cova des Drac des Rafal des Porcs* amb FG. Cessió d'imatges pel programa d'IB3 Respuestas: *Conèixer el passat a través de la mar*. Entre el 2011 i el 2015 viatja en cinc ocasions als cenotes de Mèxic on els fotografia, filma i fa exploració amb en Vicenç Fito. El 2012 filmació de *es Dolç* amb MAV, FG (Gràcia *et al.*, 2014). Aquest mateix any exploren i fotografien la *font de ses Artigues* (MAV, Jaume Pocoví, BC, FG). El 2013 efectua exploracions a la *cova des Pas de Vallgornera* amb GMR, a la *galeria de les Columnes* i al *Gran Canyó (sector Gran Canyó Sub)*, situat a gairebé 3 km de l'entrada de la cova. En aquesta darrera localització al llarg de tres expedicions, instal·len uns 300 m de fil-guia amb una direcció més o menys rectilínia de 240°. A totes les expedicions es compta amb l'ajut de portadors, entre 6 i 9, ja que per arribar a les zones d'immersió fan falta hores d'aproximació carregats amb el material. En una altra expedició tornen a la mateixa zona i al llac del *Stargate*, prop del *sector Profund* (Mulet, 2013).

Filmació a les *coves del Drac* (FF, MAV) i exploració a les *galeries dels Domassos* (FG, FF), en total ha realitzat 19 immersions a la gruta (Gràcia *et al.*, 2018a, 2018b). Exploració, topografia i filmació a *es Dolç* al llarg de 12 dies (FF, BC, FG, MAV) (Fig. 42). El 2014 filmació de quatre episodis de Televisió Espanyola de la sèrie *Al Filo de lo Imposible* de la *cova des Pas de Vallgornera* (FF, AC, MAV, JP), *es Dolç: Agua Luminosa* (PG, FG) i la *cova des Drac: Luz Líquida* (MAV, PG, FG, MM, AC, AK, Maria Martínez). També filma la *cova des Drac des Rafal des Porcs* (FG, PG) i la *cova de sa Finestra* (sa Dragonera, MAV, FG). L'any 2015, al llarg de 4 dies arreglen, millorant els passos per les estretes gateres de l'esfondrament, l'accés per passar amb material d'immersió als sectors nous de la *cova dels Ases* (AK, MAV, Joan Montfort, Marcos Herrero, Esmeralda Tébar i GMR). D'ençà del 2015 explora el *sector des Mussol* de la *cova des Pas de Vallgornera* (AK, MAV), cavitat a la qual ha dedicat desenes de jornades. El 2017 participa amb imatges inèdites al documental *la Galàxia submergida de Xisco Gràcia* (cap. 35), especialment centrat en el rescat de FG. L'any 2018, el mes de novembre, una fotografia seva és portada a pàgina completa, de la prestigiosa revista *Nature Geoscience*, volum 11, en referència a l'article publicat de *speleothem record of interglacial sea level* (Fig. 43). Els anys 2019, 2020 i 2021 segueix explorant la *cova dels Ases*, al llarg de 22 dies, especialment les *galeries de l'Inframón* i la *galeria Joan Montfort*, on descobreix centenars



**Fig. 42.** Antoni Cirer (esquerre) i Miquel Àngel Perelló a l'esfondrat des Dolç l'any 2013 (Foto M. A. Perelló).

**Fig. 42.** Antoni Cirer (left) and Miquel Àngel Perelló in the Esfondrat des Dolç collapse in 2013 (Photo M. A. Perelló).



**Fig. 43.** Fotografia de la galeria de les Delícies de les coves del Drac. Va ésser seleccionada com a portada de la prestigiosa revista científica *Nature Geoscience* el 2018 (Foto M. A. Perelló).

**Fig. 43.** Photography of the gallery of Galeria de les Delícies from Coves del Drac. It was selected as the cover of the prestigious scientific journal *Nature Geoscience* in 2018 (Photo M. A. Perelló).

de metres de cavitat (MAV, FG, GM, JP, NF). Filmació a la *font de ses Aiguades* per l'IASCM Project 2019 i 2020, per a l'estudi arqueològic de la cavitat. Ha participat en les imatges del documental *Dorothea i el Myotragus* (2020). El 2020 realització d'un documental per la Televisió NZZ Format/SRF-3sat (SRF és el canal públic de Suïssa i 3sat el canal públic d'Alemanya, Suïssa i Àustria).

### **Joan Pérez Pérez (JP)**

Alcúdia, 1977. Instructor de busseig. El primer busseig a la mar el fa el 2004 i la immersió iniciàtica a una gruta submarina a Cuba, a la *Cueva de Ensueño*, a 44 m de fondària. El 2015 forma part del grup d'espeleobussejadors del GNM i d'ençà de 2017 continua amb la SEB; també forma part del grup de rescat de la FBE. De l'any 2015 al 2019 realitza 33 immersions a les *coves del Drac* (Gràcia *et al.*, 2018a), efectuant tasques molt diverses (Fig. 27), especialment topogràfiques (GM, JCL, AC, FG, FF, DA, BC, NB). El 2016, 2017 i 2019 forma part de l'equip d'exploració i topografia de la *cova de sa Piqueta (sistema Pirata-Pont-Piqueta)* (GM, JCL, AC, FG, FF, DA) (Gràcia *et al.*, 2019). Ha fet la topografia de la *cova des Bastons* (GM) i recollit fauna per al seu estudi per part de l'IMEDEA. El 2019 s'incorpora al grup de recerca de la *cova dels Ases*, tasques que segueixen fins a l'actualitat (MAP, FG, MAV, GM, NF). Els anys 2019, 2020 i 2021 contribueix a les tasques de recerca del *sistema Gleda-Camp des Pou*, instal·la uns 200 m de fil-guia numerat al *sector de l'Avenc des Camp des Pou* i explora més d'un centenar de metres nous (Gràcia *et al.*, 2020). El 2020 ha col·laborat amb les tasques IASCM Project 2020 de la *font de ses Aiguades*, per a l'estudi arqueològic de la cavitat. El 2021 forma part molt activa de la topografia de la *cova des Serral*.

### **Carlos Pérez Vázquez**

1974-2002. Bussejador amb titulació *full cave*, amb nombroses immersions a la *cova de sa Gleda* i a la *cova Genovesa* (JLL). El 17 d'agost de 2002, l'espeleobussejador de 28 anys i tinent de l'exèrcit mor a la *cova de sa Punta des Moro*, a cala Magraner (Manacor). L'infortunat revisa amb dos bussos més la surgència submarina, amb un únic tanc portat a l'esquena i sense configuració per busseig dins coves. Arriben a un pas molt estret a on ell s'enfonya i els companys l'esperen. Supera l'angostura i avança per una galeria que es va fent estreta fins a un lloc impenetrable situat a uns de 100 m de l'entrada. Allà psicològicament ha arribat molt afectat, ja que no talla el fil-guia del rodet d'exploració que ha fermat a una punta de roca i deixa abandonat el rodet i el talla-fils. Enormement angoixat i plenament conscient per la seva formació, de la temeritat efectuada, recula, ja que no es pot girar per l'estretor del conducte. Una roca que sobresurt del sostre topa amb la base del tanc dorsal i fa que quedi encaixat entre parets i sostre. L'espeleòleg entra en pànic i perd el control, s'intenta alliberar amb força bruta i d'una enganxada els cables del focus s'enreden amb el regulador i amb les punxes de les roques i el regulador li surt de la boca i no el torna a trobar. Mor ofegat, amb els tancs d'aire mig plens. Els companys l'esperen un temps prudencial primer a l'estretor, a on deixen un tanc d'aire i una llanterna encesa i després fora de la cavitat fins que donen la veu d'alarma. Un espeleobussejador del GNM, Xisco Gràcia troba primer el cos i juntament amb dos membres del GEAS recuperen el cos i l'equip de l'infortunat poc després de l'accident (Gràcia, 2015).

**E. Petts**

Regne Unit. El 1994 forma part de l'equip del CCC que realitza immersions a la *cova des Estudiants* (IW, OC), on revisen els fils-guies dels *sifons* 2.9 i 3. També visita la *font des Verger*, on fa de bussejador de suport, amb IW de OC que avança 50 m al *sifó* 3, on assoleix els -15 m (consultar Owen Clarke).

**Jaume Pocoví Pons (JPP)**

Llucmajor, 1984. Membre del GNM. S'incorpora l'any 2009 a les tasques topogràfiques i fotogràfiques de la *cova des Pas de Vallgornera* (PG, FG, MAP) al llarg de 9 immersions (Gràcia *et al.*, 2009a; 2009b). També fa de model fotogràfic a la *cova des Drac de Cala Santanyí* (AC). Participa a l'expedició a la *font des Verger*, per fer la topografia de les poligonals del *sifó* principal (FG, PG, MAP), amb el suport de membres de Voltors, GELL i GNM. Els anys 2009 i 2010 realitza nombroses tasques al *sistema Gleda-Camp des Pou* (AC, FG, BC, PG, MF). El 2010 col·labora amb la topografia de la *cova des Coloms de Cala Varques* (Gràcia *et al.*, 2010b) i el 2011 a la *cova des Drac des Rafal des Porcs*. Forma part de l'equip de filmació de la *galeria Miquel Àngel Perelló* de la *cova des Pas de Vallgornera* (MAP, AC, FG). El 2012 explora i ajuda a fotografiar la *font des Artigues* (MAV, MAP, BC, FG). L'any 2014 realitza també qualque immersió a les *coves del Drac* (AC).

**Francesc Ripoll Bibiloni**

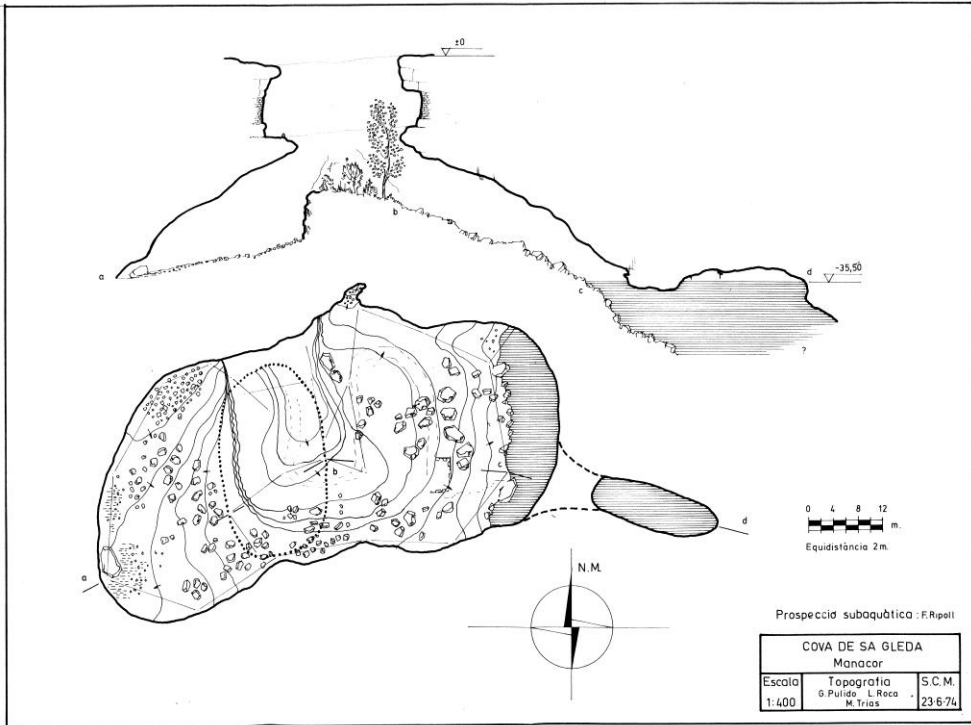
Palma, 1950. Membre del grup Ahlbaida, grup d'escalada i espeleologia i també de l'SCM. A començaments dels 70 travessa en apnea el túnel del caló d'en Monjo. El 1972 es treu el curs de submarinista. L'agost de 1973, efectua amb Adolfo Gregorio la primera incursió aquàtica conjunta a la *font des Verger* amb un fred intens i equipats amb camiseta, jersei i calçons llargs. Fan servir una única llanterna de petaca de 4,5 v impermeabilitzada amb una bossa de plàstic de galetes d'Inca. D'aquesta manera superen el primer *sifó*, parcialment inundat, superen el segon *sifó* i accedeixen a la *sala de la Cascada*, plena de grans blocs. Al llarg d'aquest any realitzen 4 exploracions més a la font (Fig. 4). Escalen el desnivell d'uns 15 m d'alçària i davallen amb cordes el següent desnivell fins assolir el *tercer sifó*. Fan un intent de prospecció uns metres fins que retrocedeixen en veure la dificultat que suposa amb el material que posseeixen (consultar Adolfo Gregorio). També realitzen la topografia del que es coneixia de sa font, juntament amb altres membres de l'SCM (Ripoll i Roca, 1974). Aquest mateix any es fa una immersió a la *cova de ses Sitjoles o pou de Can Carro* (Campos) amb Lluís Roca. L'any 1974 realitza un croquis de l'inici subaquàtic de la *cova de sa Gleda* (Fig. 44), on localitzà una gran campana d'aire a una vintena de metres del llac l'entrada (Fornós *et al.*, 1989). Cada mes d'agost tornen a la *font des Verger* fins el 1976, darrer intent a causa de la gran quantitat de fang i la pobresa de mitjans. Només feren servir el tanc al darrer *sifó*. Els dos darrers anys lloguen una mula per transportar l'equipament fins a l'entrada de la font (com. pers. Francesc Ripoll).

**Lluís Roca Ramos**

(1952-2010). Espeleòleg membre de l'SCM. El 1973 fa una immersió en apnea a la *cova de ses Sitjoles o pou de Can Carro* (Campos) amb Francesc Ripoll. Aquest mateix any se submergeix als llacs de la *cova de sa Bassa Blanca* amb Toni Juan (Trias, 2010).

**Miquel Romans Mediavilla**

Barcelona,1961. Soci fundador de l'empresa de Treballs verticals VertiSub S.L., dirigeix l'agència de busseig tècnic TDI (Téchnical Diving International). El 1978 contribueix a les primeres exploracions a la *Cueva del Agua* (Cartagena). Ha format part de l'equip d'exploració del 2001 de la *Fontana de Muriel* amb el tràgicament desaparegut Alfonso Antxia.



**Fig. 44.** Topografia de la cova de sa Gleda de 1974. Apareix un croquis de la cambra d'aire trobada per Francesc Ripoll a la sala homònima.

**Fig. 44.** Survey of Cova de sa Gleda (1974), including a sketch of the air chamber named Francesc Ripoll honoring its first explorer.

El 2007 un grup de bussos de la península, encapçalats per Miquel Romans i guiats i ajudats per GMR, al llarg d'una visita a la cova des Pas de Vallgornera, transporten tot l'equipament a través del llac de na Gemma fins al llac Quadrat, a on exploren més de 200 m de galeries del sector de les Grans Sales. També, en un altra incursió a la cavitat, exploren uns 200 m a la galeria Stargate, passada la galeria dels Espeleotemes. D'ambdues ocasions no consten dades topogràfiques que documentin els resultats aconseguits.

### David Rotger Llinàs

Palma, 1960. Bomber del Consell, practicant del busseig i l'espeleologia. Forma part de l'equip mallorquí GEM-TRITON que els anys 1986 i 87 explora la *cova dels Estudiants* (JMA, Josep Lluís Castelló, MG, AMA, Jaume Oliver) (Figs. 12 i 45). Aconsegueix superar el *pas del Tap del sifó 3* i remuntar fins a -17 m de la branca ascendent. Els altres dos companys d'immersió Jaume Oliver i Martí Ginart han avortat per diferents problemes. L'única llanterna que porta a la mà s'atura i ha de tornar passant pels -53 m a les fosques aferrat al fil-guia (consultar Martí Ginart).



**Fig. 45.** Preparatius a Sóller el 1985, a la finca on s'ubica la *cova dels Estudiants*. De dreta a esquerre: Maria Agustina Janés, Martí Ginart, David Rotger i la seva al·lota Maria Rosario Vallés, José M<sup>a</sup> Álvarez “Jopelas”, amb dos ajudants i la dona de Jopelas, Maria del Carmen Valdivieso. El que realitza la foto és Jaume Damians “el Menda” (Arxiu Martí Ginart).

**Fig. 45.** Preparations in Sóller in 1985, in the property where *Cova dels Estudiants* is located. From right to left: Maria Agustina Janés, Martí Ginart, David Rotger and his girlfriend Maria Rosario Vallés, José M<sup>a</sup> Álvarez “Jopelas”, with two assistants and Jopelas' wife Maria del Carmen Valdivieso. The one who takes the photo is Jaume Damians “el Menda” (Martí Ginart Archive).

### Antoni Salom Ramis

Palma, 1961. Membre del Triton, va esser uns dels components de l'interclub GEM-Triton que va ajudar al llarg del 1986 a les exploracions a la *cova dels Estudiants* (AMA, Josep Lluís Castelló, MG, Jaume Oliver, David Rotger). Va superar el *sifó 2* i va ajudar a transportar l'equip d'immersió al llarg dels 100 m de la *galeria del Suplici* fins l'inici del *sifó 3* (consultar Martí Ginart).

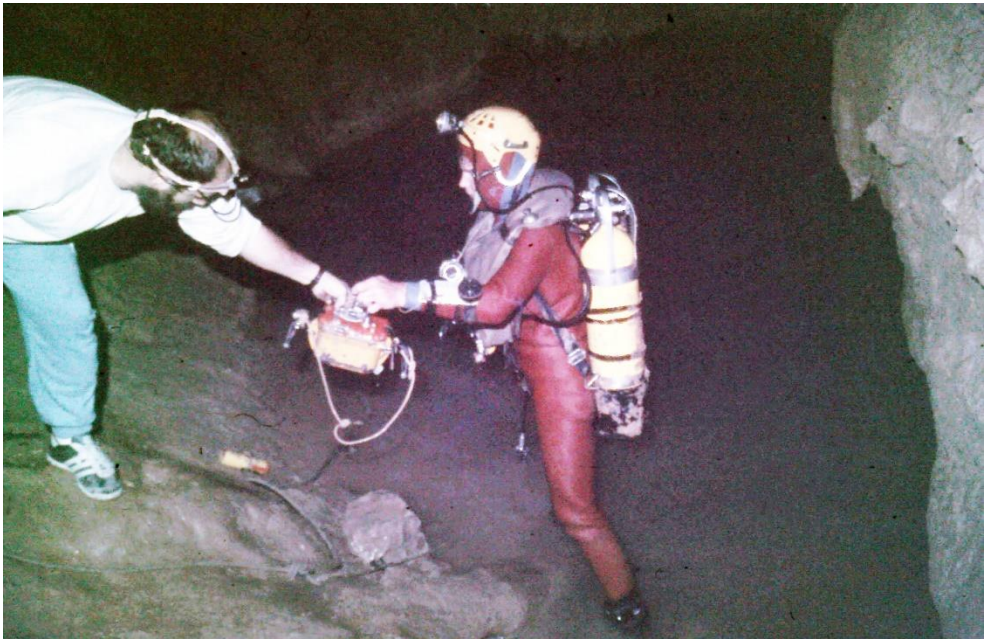


### **Jaume Serra Pujol**

Palma, 1963. Bussejador professional, instructor de busseig i fotògraf submarí. Forma part de l'equip del CAS Tritón que realitza les primeres immersions els anys 91 i 92 a la *cova des Pas de Vallgornera* (consultar Aníbal Alonso). La major part de les fotografies que documenten aquelles exploracions són seves (Fig. 8).

### **Lukás Slezáček**

Txèquia. Membre d'un equip d'espeleobussejadors txecs de la *Ceská Speleologická Spolecnost* que l'any 1987 a la *cova dels Estudiants* aconseguixen superar la branca ascendent del *sifó 3* i assolir la cambra aèria final (Fig. 46). També realitzen la topografia de les noves descobertes. A Clarke (1993) de forma incorrecta afirma que el mèrit del descobriment de la part final del *sifó 3* és de l'equip GEM-Tritón i que els de CSS no van trobar res nou, però un pic consultat als protagonistes han confirmat honestament que van ésser els txecs els que ho aconseguiren primer (com. pers. David Rotger).



**Fig. 46.** José M<sup>a</sup> Álvarez “Jopelas” en 1987, ajudant a l'inici del *sifó 2* a un dels txecs del grup *Ceská Speleologická Spolecnost*, que van explorar i realitzar la topografia de la branca ascendent del *sifó 3* de la *cova dels Estudiants* (Arxiu Martí Ginart).

**Fig. 46.** José M<sup>a</sup> Álvarez “Jopelas” in 1987, helping at the beginning of siphon 2 to one of the Czech people of the group *Ceská Speleologická Spolecnost*, who explored and realized the survey of the ascending branch of siphon 3 from *Cova dels Estudiants* (Martí Ginart archive).

### **Guillaume Tixier**

France, 1983. Company de Frank Bréhier del club *Spéléo Corbières Minervois*. El 2007 aconseguix assolir els -110 m en exploració a una cavitat inundada de França. Ambdós

espeleobussejadors han viatjat plegats en dues ocasions a Mallorca: entre finals del 2008 i principis del 2009 i el 2011, en les quals van trobar continuacions importants a la *cova des Serral* i al *sector del Fènix del sistema Gleda-Camp des Pou* (consultar Frank Bréhier).

### **Adolfo Triay**

Palma. Juntament amb altres companys del grup de busseig CAS Tritón, efectuen entre els anys 1991 i 1992 les exploracions i topografia de les galeries inundades del *sector Antic de la cova des Pas de Vallgornera* (veure Aníbal Alonso).

### **Miquel Àngel Vives Lliteras (MAV)**

Palma, 1965. Es va iniciar l'any 1992 al busseig i a l'espeleobusseig fent la *cova de sa Finestra* l'any 2004. D'ençà del 2004 ha fet tasques exploratòries i topogràfiques a la *cova des Pas de Vallgornera* (MAP). Ha format part del GELL i del GNM, i juntament amb MAP funden Explorentrem. Actualment és membre de la SEB (Fig. 47). El 2010 coopera en algunes tasques al *sistema Gleda-Camp des Pou*. Forma part del grup de filmació per al programa de Thalassa de la *cova des Pas de Vallgornera*, així com un reportatge de IB3 de la *cova de sa Gleda*. Explora i descobreix importants continuacions passat la *pista Americana del sector Antic*, més enllà de la *galeria d'en Joan Max* (Fig. 48), a la *cova des Pas de Vallgornera* (MAP), l'anomenat *sector dels Privilegiats*. El 2011 contribueix a la filmació del *sistema Gleda-Camp des Pou* per Cuatro TV del programa Inmersión Radical, dins el programa de *Desafío Extremo* de Jesús Calleja amb María March, Oscar Espinasa, PG, Jaume Nicolau, MAP, FG. El 2012 i 2013 realitza filmacions i tasques topogràfiques a *es Dolç* (FG, FF, NB) (Gràcia *et al.*, 2014) i a la *cova de sa Piqueta* (2012, FG) (Gràcia *et al.*, 2019). El 2013, 2014 i 2015 explora, topografia i intervé en la filmació de les *coves del Drac* (Gràcia *et al.*, 2018a; 2018b) al llarg de 18 dies (MAP, FF, NB, FG, AC, Jaume Pocoví). El 2014 i 2015 col·labora en la filmació de quatre episodis de Televisió Espanyola de la sèrie *Al Filo de lo Imposible* de la *cova des Pas de Vallgornera* (FF, AC, MAP, JP), de les *coves del Drac* (MAP, PG, FG, MM, AC, AK) i de *es Dolç* (consultar Miquel Àngel Perelló). Explora i contribueix a la topografia i filmació de la *cova de sa Finestra* (Dragonera) (MAP, FG). D'ençà del 2014 explora i topografia el *sector des Mussol* de la *cova des Pas de Vallgornera* (AK, MAP). L'any 2014 viatja als cenotes de Mèxic (MAP, AK, Vicenç Fito). L'any 2015 forma part de la colla que, al llarg de 4 dies, millora els passos complicats entre blocs i estretes gateres que permeten l'accés als nous sectors de la *cova dels Ases* (AK, MAP, Joan Montfort, Marcos Herrero, Esmeralda Tébar i GMR). Els anys 2019, 2020 i 2021 forma part activa de l'equip de recerca de la *cova dels Ases*, de la qual participa 12 dies en la topografia i exploració (MAP, FG, GM, JP, NF).

### **Peter Watkinson (PW)**

Anglaterra, 1961. L'any 1994 amb en FG i Tòfol Monserrat inicien l'estudi topogràfic i descriptiu de les cavitats de la zona de Portocolom. Al llarg de la recerca varen tenir coneixent de l'existència d'una cova inèdita aferrada a la part de sa Capella de Portocolom, just al límit del casc urbà, la *cova des Coll*. Una vegada avançades les tasques topogràfiques terrestres FG revisa un llac en apnea (*sifó de la Terra Roja*), observant la seva continuïtat sota les aigües. A partir d'aquest fet es van introduir al món de l'espeleobusseig de forma primer molt precària i agafant amb el temps experiència, tècnica



**Fig. 47.** Miquel Àngel Vives (esquerre) i Xisco Gràcia preparats per fer una immersió fotogràfica al sifó dels Somnis de la cova d'en Bassol (Foto M. A. Perelló).

**Fig. 47.** Miquel Àngel Vives (left) and Xisco Gràcia ready to take a photographic dive in Sifó dels Somnis from Cova d'en Bassol (Photo M. A. Perelló).



**Fig. 48.** Miquel Àngel Vives a la cova des Pas de Vallgornera (Foto M. A. Perelló).

**Fig. 48.** Miquel Àngel Vives at Cova des Pas de Vallgornera (Photo M. A. Perelló).



i materials adients. S'explora el *sector del Descobriment*. De forma coetània fan feina també a la *cova dels Ases*.

El 1995 prossegueixen els descobriments al *sector de l'Esfondrament*, amb la superació del *pas Inesperat*, la *sala de l'Anglès* i la *sala Esperada*. Entrada al *sector del Patatús (sala de la Panxa)*. S'incorpora Robert Landreth a les exploracions a la cavitat i exploren fins a la *sala Tancada* (Fig. 37). OC del CCC també s'incorpora a l'equip (Fig. 49). A l'estiu fan servir tribotelles a l'esquena per explorar. Troben la *galeria de les Esponges (sector dels Autèntics)* i arriben a la *sala Benvinguda*. Normalment instal·len uns 200 a 300 m en cada immersió. Troballa del *segon Pou*.

El 1996 busseja als llacs ja coneguts de la *cova dels Ases* per topografiar amb en Tòfol Monserrat la *sala Final*. Paulatinament deixa de fer immersions per centrar-se només en espeleologia terrestre i acompanya en nombroses ocasions a FG a la *cova des Coll* de portador de material i per ajudar a equipar-se (Gràcia *et al.*, 1997).



**Fig. 49.** Owen Clarke (esquerre) i Peter Watkinson a l'entrada del *sifó de la Terra Roja* de la *cova des Coll* l'any 1995, abans de trobar un accés més fàcil al *sector del Descobriment* (Foto Robert Landreth).

**Fig. 49.** Owen Clarke (left) and Peter Watkinson at the entrance to *Sifó de la Terra Roja* at *Cova des Coll* in 1995, before finding easier access to *Sector del Descobriment* (Photo by Robert Landreth).

El 1997 busseja per darrera vegada dins una gruta a la *cova des Pas de Vallgornera*, a la zona SW de la *sala de les Arrels (sector Antic)* i apareixen continuacions, uns 400 m que, de forma paral·lela a la *pista Americana*, connecten amb la *sala Max* (BC, FG). També

topografia i explora les zones no subaquàtiques de la *cova des Drac de Cala Santanyí* (Gràcia *et al.*, 1998b), la *cova de Cala Mitjana* i la *cova d'en Bassol* (Gràcia *et al.*, 1998a) al llarg del 1997 i 98. L'any 2000 topografia i ajuda amb el material d'immersió a la *cova de Cala Varques ACD* o *cova dels Xuetes* i a la *cova de Cala Varques B*, també en ocasions acompanyats per Tòfol Monserrat, i especialment amb FG i BC (Gràcia *et al.*, 2000). Igualment topografia la *cova de ses Llàgrimes* (FG, BC, JL, RL, Miquel Alexandre Dot). Del 2001 al 2003 la part terrestre de la *cova Genovesa* (Gràcia *et al.*, 2003a) i prossegueix amb la topografia de la *cova de ses Llàgrimes* (Gràcia *et al.*, 2003c). El 2003 revisions a la sala d'entrada de la *cova de sa Piqueta*. El 2004 ajuda a fer tasques a la *cova de sa Sínia* (Felanitx). El 2011 acompanyant a revisions càrstiques per la marina de Manacor. Ha estat una peça clau en els inicis de l'espeleobusseig a Mallorca d'ençà del 1994 fins el 1997 i després un espeleòleg imprescindible efectuant tasques topogràfiques terrestres i de portador de material a les cavitats amb continuacions subaquàtiques.

### **Ian Williams (IW)**

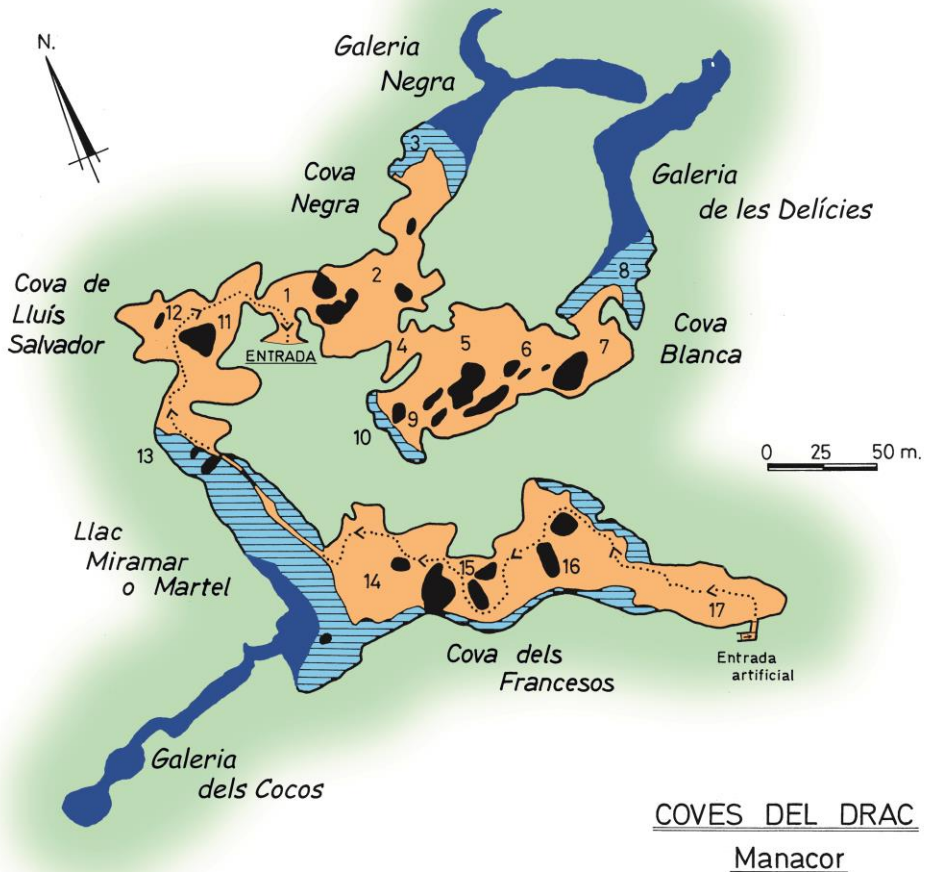
Regne Unit. Espeleobussejador gal·lès del CCC. El 1989 contribueix amb OC a la connexió de les *coves del Pirata* i de la *cova des Pont* (consultar Owen Clarke). També explora la *cova des Serral* on troba una galeria espaiosa en direcció a la mar i altres d'estretes que es tanquen. A la *cova dels Ases* bussegen al *primer sifó* de la *sala Gran* i descobreixen la *sala Final*, així com el *segon sifó* que connecta amb la mar. També localitzen un altre sifó (*tercer sifó*) en direcció cap a l'interior (Clarke, 1990-91, consultar Owen Clarke).

El 1990 forma part de la campanya de 20 dies (OC i Dave Blenkinsop), que se centra en l'exploració per primera vegada del *dolç de Cala Murta*, anomenat per ells *Nazil*. També visiten al llarg de cinc dies la *cova de sa Gleda*, emperò les intenses pluges dels dies precedents han introduït sediment i la visibilitat dels primers metres és nul·la. Així i tot exploren part de la *sala Francesc Ripoll*. A la *cova des Serral* exploren una trentena de metres en dues galeries estretes. A la *cova dels Ases* exploren el *tercer sifó*, que havia quedat pendent d'exploració l'any 1989, el qual de forma paral·lela al *primer sifó* connecta la *sala Final* amb la *sala Gran* i un ramal d'aquest (anomenat per ells *quart sifó*) que arriba a una cúpula d'aire entre blocs. El darrer dia bussegen a les *coves del Drac*, on troben una cambra aèria situada unes desenes de metres del *llac de les Delícies* (Clarke, 1991-92; Williams, 1991).

El 1991 efectuen una campanya de 14 dies de durada (Kenny Passant i OC) on treballen especialment a les *coves del Drac*. Els llacs on es fan immersions són el *llac Negre*, el *llac de les Delícies* i el *llac de les Meravelles* (*sector Subaquàtic Central*), el *llac Miramar* (*sector Subaquàtic de Ponent*) i al *dolç de Cala Murta* (Fig. 50). El resultat és el descobriment de més de 600 m de galeries subaquàtiques repartides als quatre llacs (Clarke, 1991, 1991-1992a, 1991-1992b; Gràcia *et al.*, 2018a). Pel febrer del 1992 tornen a les *coves del Drac* a fer un estudi de la química de l'aigua (Gascoine, 1992) (OC, W. Gascoine, Steven Thomas i Doreen Gascoine).

El 1993 forma part d'una expedició a Mallorca al llarg de la qual realitzen diverses immersions a la *cova des Estudiants* (OC, T. E. Nixon) (Fig. 51). El principal resultat és la troballa del *sifó 2.9*, on penetren fins a -30 m (Williams, 1993). A la *cova des Pas de Vallgornera*, al *sector Antic* exploren algunes continuacions (OC, RL, TE Nixon).

El 1994 a la *font des Verger* tornen dos dies no seguits i aconseguen, entre el *sifó 2* i el *sifó 3*, evitar una escalada, trobant un pas entre blocs que permet estalviar esforç i temps (OC). Tragina amb E. Petts tancs per OC el qual per només portar un regulador realitza una immersió breu de 50 m i -15 m al sifó llarg terminal.



**Fig. 50.** Topografia de les coves del Drac. El color blau marí representa les galeries i sales subaquàtiques descobertes l'any 1991 pels membres del *Cwmbran Caving Club*. El blau cel els llacs i el marró les zones terrestres. Modificat de Ginés i Ginés (1992) i de Clarke (1991).

**Fig. 50.** Topographic survey of Coves del Drac. The dark blue color represents the galleries and underwater halls discovered in 1991 by members of the *Cwmbran Caving Club*. The sky blue the lakes and the brown the terrestrial areas. Modified by Ginés and Ginés (1992) and Clarke (1991).





**Fig. 51.** Owen Clarke (esquerre), Ian Williams i T.E. Nixon, membres del CCC, preparats amb tot l'equip d'immersió a l'exterior de la cova dels Estudants, l'any 1993 (Foto Robert Landreth).

**Fig. 51.** Owen Clarke (left), Ian Williams and T.E. Nixon, another members of the CCC, prepared with the entire diving equipment outside the Cova dels Estudants in 1993 (Photo by Robert Landreth).

## Perspectives de futur

Creiem que és del tot oportú reproduir i confirmar un fragment del preàmbul de l'Endins 23 de l'any 2000, on comentàvem: *queda molt més per realitzar del que s'ha fet fins ara, i això és vàlid per a tots els camps de l'espeleologia. Les cavitats inèdites, les troballes de noves continuacions a les "clàssiques", les revisions de topografies s'han de documentar i publicar perquè únicament d'aquesta manera no es perdrà el que s'ha fet i se'n podran contrastar, compartir i incrementar els coneixements. Continuarem endavant amb l'aportació en aquesta ciència interdisciplinària, tal com si fos una carrera de relleus, on altres companys ja han realitzat un llarg camí. Només així té sentit la nostra activitat, com una contribució a la societat en general, i a la col·lectivitat d'espeleòlegs i estudiosos del carst en particular.*

Molts són els companys que han deixat la tasca exploratòria, com es pot constatar en aquest article, de fet l'objectiu és no oblidar la seva aportació, indubtable i immensa, feta al patrimoni natural. Les recerques que s'efectuen a l'actualitat a la cova des Serral, la cova des Ases, el sistema Gleda-Camp des Pou, el sistema Pirata-Pont-Piqueta i la cova des Pas de Vallgornera són del tot prometedores. Aquestes tasques s'allargaran diversos anys i

incrementaran el coneixement que tenim de l'endocarst mallorquí. Possibles noves descobertes s'esperen en el futur, esperem que siguin moltes i bones i que mai s'aturi l'empenta humana de voler conèixer més i més endins.

La gestió adequada d'aquests espais és del tot necessària, no només a nivell de protecció, sinó també és imprescindible fomentar i potenciar la investigació d'aquests paratges freàtics, i aquesta ha d'estar, sobretot, facilitada pels gestors que correspongui, així com per un compromís amb la propietat que possibiliti l'accés. S'ha de pensar que algunes cavitats ZEC (Zones Especials de Conservació) no es poden visitar perquè la propietat no ho permet. No li veiem cap sentit a una elevada protecció a nivell europeu sinó es deixa la visita ni per finalitats exploratòries, científiques o simplement per saber l'estat en que es troben les coves.

## Agraïments

Dedicam aquest treball a Andreu Muntaner, naturalista polifacètic autodidacte, gran coneixedor de la seva terra i de la història de Mallorca gràcies a l'important arxiu fotogràfic que va arreplegar.

A tots els espeleobussejadors i espeleòlegs que han contribuït, en major o menor mesura, al coneixement de les coves subaquàtiques de Mallorca. Ha estat una aportació immensa i sacrificada que ha permès descobrir un gegantí i valuós patrimoni natural i cultural.

A Damià Vicens per insistir de forma constant i inexorable en que escrivís aquest article per la monografia homenatge al naturalista Andreu Muntaner. Sense la seva insistència i paciència amb la data de finalització no l'hagués pogut dur a bon port.

Als fotògrafs que han possibilitat recordar i compartit exploracions i mostrar la bellesa del carst sotaiguat.

A José María Álvarez Rodríguez de la Flor "Jopela", que ha col·laborat de forma entusiasta amb informacions i imatges de les expedicions a la *cova des Bastons*.

A Joaquín Ginés per les seves recerques, i consultes sempre útils en referència a les campanyes a Mallorca dels components de la FEDAS dels anys 1971 i 1972, a la informació referent a Miquel Garau, així com a la campanya dels alemanys que van fer exploracions a la *cova dels Estudiants* entre finals dels 70 i començaments del 80.

A Kiko Ripoll per les fotografies i informació aportades de les seves expedicions a la *font des Verger* i a la *cova de sa Gleda*.

A Martí Ginart, pel material fotogràfic i topogràfic i les valuoses informacions de les expedicions a la *cova dels Estudiants* i a la *cova des Bastons*.

A Robert Landreth, per recuperar del passat les fotografies dels britànics a les seves expedicions a la *cova dels Estudiants*.

A Ana Maria Abril per contar-me anècdotes de les seves expedicions a la *cova dels Estudiants* dels anys 80 i proporcionar-me contactes amb espeleobussejadors d'aquesta dècada.

A Anibal Alonso i Aina Gelabert d'Isurus, per les seves informacions i per facilitar contactar amb els bussejadors pioners que van participar els anys 80 i 90 en diferents exploracions de coves de Mallorca.

A Josep Lluís Castelló “el Buitre Galopante”, per proporcionar fotografies i retalls de diaris de les exploracions de la *cova dels Estudiants*.

A Bernat Clamor, Jhon Freddy Fernández, Hilari Moreno, Enrique Ballesteros, Guillem Mascaró, Miquel Àngel Vives, Juan Carlos Lázaro, Antoni Cirer, Miquel Àngel Perelló, Joan Pérez i als nombrosos companys, amics i personal dels diferents organismes que van participar l'abril de 2017 en el meu rescat, gràcies al qual me van salvar la vida i s'ha pogut escriure aquest article.

A David Rotger, per la seva humilitat i aclarir que els primers que van arribar a la sala aèria del final del *sifó 3* de la *cova dels Estudiants* van ésser els txecs.

A Lluís Gómez-Pujol els comentaris enriquidors sobre el text i la revisió de la versió anglesa del resum.

El present treball forma part del projecte de recerca finançat pel MINECO CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE).

## Bibliografia

- Ainley, S. 1988. Sounding the dive prospects on Majorca coast. *Descent*, 34: 34-35.
- Anònim. 1989. Noticiari. Exploracions subaquàtiques a la Cova dels Estudiants. *Endins*, 14-15: 123-124.
- Anònim. 1990. Noticiari. Exploracions subaquàtiques: noves descobertes. (Cova dels Ases, Cova des Pont, Coves del Pirata). *Endins*, 16: 73.
- Anònim. 1991. La cueva de los Estudiantes. *Esport Gym*, 5: 19-22.
- Bohigas, B. 1986. La Cova dels Estudiants: un reto para el espeleobuceo balear. *Última Hora*, 1986
- Clarke, O. 1991. Diving in Drach. *Descent*, 101: 32-33.
- Clarke, O. 1990-1991. Welsh cave diving expeditions to Porto Christo area, Mallorca. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 17: 99-102.
- Clarke, O. 1991-1992a. Report of the Cwmbran Caving Club diving expedition to Son Josep. Mallorca in October 1990. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 18: 28-30.
- Clarke, O. 1991-1992b. Diary of cave diving expedition to Drach: 1991. *Cwmbran Caving Club Journal*. 13-17.
- Corrigan, J. 1998. Cave diving Mallorca style. *Cave & caving*, 79: 24-25.
- Encinas, J.A. 1994. *501 grutas del término de Pollensa (Mallorca)*. Editorial Punt Gràfic. 609 pp. Pollença.
- Encinas, J. A. 2014. *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor. 1355 pàgs. Pollença.
- Farr, M. 1980. *The Darkness beckons*. 304 pàgs. Diadem books, London.
- Farr, M. 1997-1998. Dragon cave diving expedition to Mallorca - 1996. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 24: 89-97.
- Fornós, J.J., Pretus, J.L. i Trias, M. 1989. La Cova de sa Gleda (Manacor, Mallorca), aspectes geològics i biològics. *Endins*, 14-15: 53-59.
- García, P i Minguillón, R 2016. Nuevos descubrimientos en la Cova de sa Campana: el Lago Minguillón (Mallorca, España). *Gota a gota*, 11: 42-53.
- Gascoine, W. 1992. Water chemistry in Cuevas del Drach, Majorca. *Cave Science*, 19 (2): 51-54.
- Gascoine, W. 1996. The waters of Cova dels Estudiants. *Caves and Caving*, 71: 25.
- Gili, J. M. i Macpherson, E. 1987. Crustáceos Decápodos capturados en cuevas submarinas del litoral Balear. *Inv. Pesq.*, 51 (supl. 1): 285-291.
- Ginard, A., Ginés, A. i Vicens, D. 2011. Les exploracions espeleològiques a les illes Balears. La federació balear d'espeleologia. *Endins*, 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 11-36.

- Ginés, A. 1993. El conocimiento espeleotopográfico de las cavidades baleares (1862-1992). *Endins*, 19: 55-70.
- Ginés, J. i Ginés, A. 1976. Ses coves del Pirata. *Endins*, 3: 41-45.
- Gràcia, F. 2015. *Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del Llevant i Migjorn de Mallorca*. Tesi Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 984 pàgs. Inèdit.
- Gràcia, F. i Clamor, B. 2001. La Cova de sa Gleda. *Subterrànea*, 16: 24-34.
- Gràcia, F. i Clamor, B. 2002. Las exploraciones subacuáticas en el karst litoral del Migjorn de Mallorca / Les exploracions subaquàtiques al carst costaner del Migjorn de Mallorca. *Boletín SEDECK*, 3: 56 - 75.
- Gràcia, F. i Fornós, J. J. 2014. Les morfologies de dissolució hipogèniques i de la zona de mescla litoral a es Dolç (Colònia de Sant Jordi, Ses Salines, Mallorca). *Endins*, 36: 97-112.
- Gràcia, F., Watkinson, P., Monserrat, T., Clarke, O. i Landreth, R. 1997. Les coves de la zona de ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- Gràcia, F., Clamor, B. i Watkinson, P. 1998a. La cova d'en Passol i altres cavitats litorals situades entre cala sa Nau i cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 22: 5-18.
- Gràcia, F., Clamor, B., Aguiló, C. i Watkinson, P. 1998b. La cova des Drac de cala Santanyí (Santanyí, Mallorca). *Endins*, 22: 55-66.
- Gràcia, F., Clamor, B. i Lavergne, J.J. 2000. Les coves de cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gracia, P., Merino, A., Vega, P. i Mulet, G. 2001a. Notícia preliminar del jaciment arqueològic de la Font de ses Aiguades (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 24: 59-73.
- Gràcia, F., Landreth, R., Gual, M. i Clamor, B. 2001b. La cova Negra (Pollença, Mallorca): presència de dunes fòssils dins una cavitat submarina. *Endins*, 24: 137-142.
- Gràcia, F., Clamor, B., Landreth, R., Vicens, D. i Watkinson, P. 2001c. Evidències geomorfològiques dels canvis del nivell marí. In: Pons, G.X. i Guijarro, J.A. (eds.) *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 91-119.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gual, M.A., Watkinson, P. i Dot, M.A. 2003a. Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). I: Descripció de les cavitats i història de les exploracions. *Endins*, 25: 23-42.
- Gràcia, F., Jaume, D., Ramis, D., Fornós, J. J., Bover, P., Clamor, B. i Vadell, M. 2003b. Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La cova Genovesa o cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- Gràcia, F., Clamor, B., Watkinson, P., Dot, M.A. i Landreth, R. 2003c. La cova de les Llàgrimes (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 25: 131-140.
- Gràcia, F., Clamor, B., Jaume, D., Fornós, J. J., Uriz, M. J., Martín, D., Gil, J., Gracia, P., Febrer, M. i Pons, G.X. 2005. La Cova des Coll (Felanitx, Mallorca): Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- Gràcia, F., Clamor, B., Fornós, J. J., Jaume, D. i Febrer, M. 2006a. El sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleo-gènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64.
- Gràcia, F., Clamor, B., Jaume, D., Febrer, M. i Vicens, D. 2006b. La cova de s'Abisament (Sant Llorenç des Cardassar, Mallorca). *Endins*, 30: 101-108.
- Gràcia, F., Fornós, J.J., Clamor, B., Febrer, M. i Gamundí, P. 2007a. La cova de sa Gleda I. Sector Clàssic, sector de Ponent i sector Cinc-cents (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, sedimentologia i hidrologia. *Endins*, 31: 43 - 96.
- Gràcia, F., Fornós, J.J. i Clamor, B. 2007b. Cavitats costaneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb importats continuïtats subaquàtiques, a Pons, G.X. i Vicens, D. (eds.),

- Geomorfologia litoral i Quaternari*, Homenatge a Joan Cuerda Barceló. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 14: 299-352.
- Gràcia, F., Fornós, J. J., Gamundí, P., Clamor, B., Pocoví, J. i Perelló, M. A. 2009a. Les descobertes subaquàtiques a la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): Història i descripció dels descobriments, hidrologia, espeleotemes, sediments, paleontologia i fauna. *Endins*, 33: 35-72.
- Gràcia, F., Fornós, J.J., Gamundí, P., Clamor, B. i Pocoví, J. 2009b. Morfologies de corrosió a la part submergida de la cova des Pas de Vallgornera. Sector Antic, Sector de Gregal i Sector de les Grans Sales. *Endins*, 33: 73-98.
- Gràcia, F., Ginard, A., Vicens, D. i Ginés, J. 2009c. Recull de les cavitats de major recorregut i major fondària de les Balears. *Endins*, 33: 139 - 152.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gamundí, P. i Fornós, J. J. 2010a. El sistema Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- Gràcia, F., Gamundí, P., Clamor, B., Trias, M., Fornós, J. J., Febrer, M. i Pocoví, J. 2010b. Noves aportacions a l'estudi de les cavitats de cala Falcó-cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 141-154.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gamundí, P., Fornós, J.J i Watkinson, P. 2011. Les cavitats subaquàtiques de la franja litoral de Mallorca. *Endins*, 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 103-132.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gamundí, P., Cirer, A., Fernández, J. F., Fornós, J. J., Uriz, M. J., Munar, S., Vicens, D., Ginard, A., Betton, N., Vives, M. A., Jaume, D., Mas, G., Perelló, M. A. i Cardona, F. 2014. es Dolç (Colònia de Sant Jordi, ses Salines, Mallorca): cavitat litoral amb influències hipogèniques a les eolianites quaternàries i materials del Pliocè. *Endins*, 36: 69-96.
- Gràcia, F., Mascaró, G., Pérez, J., Fernández, J.F., Cirer, A., Lázaro, J.C., Ansaladí, D., Clamor, B., Perelló, M.A., Vives, M.A., Gamundí, P., Granell, A., Betton, N., Bornemann, N. i Franglen, N. 2018a. Les exploracions subaquàtiques a les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 105-116.
- Gràcia, F., Mascaró, G., Pérez, J., Fernández, J.F., Cirer, A., Lázaro, J.C., Ansaladí, D., Clamor, B., Perelló, M.A., Vives, M.A., Gamundí, P., Granell, A., Betton, N., Bornemann, D. i Franglen, N. 2018b. El Drac subaquàtic (Coves del Drac, Manacor, Mallorca) *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 117-139.
- Gràcia, F., Cirer, A., Lázaro, J.C., Fernández, J.F., Clamor, B., Mascaró, G., Enseñat, J.J., Fornós, J.J. i Pérez, J. 2019. Sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): estat de la qüestió. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 2: 69-101.
- Gràcia, F., Cirer, A., Lázaro, J.C., Fernández, J.F., Clamor, B., Mascaró, G., Pérez, J., Fornós, J. J., Ansaladí, D., Bornemann, D., Franglen, N., Granell, A., Gamundí, P. i Enseñat, J. J. 2020. Sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor, Mallorca): estat de la qüestió. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 3: 1-32.
- Gregorio, A. 2013. *Memorias deportivas de un escalador mallorquín*. Edición personal. 134 pàgs.
- Jaume, D. i Gràcia, F. 2006. Coves amb hàbitats anquihalins de les Balears i coves amb hàbitats dolçaquícules no litorals: catàleg espeleològic i faunístic. *Endins*, 30: 71 - 82.
- Jaume, D., Pons, G.X., Gràcia, F i Vicens, D. 2001. *Atlas de cavitats càrstiques de les Balears elevades a Lloc d'Interès Comunitari (LICs)*. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears. 157 pàgs.
- Martínez, R. i Mulet, G. 2013. Buscando los orígenes de Mallorca VI. Exploración de las galerías terrestres y subacuáticas del Sector Este en el Avenc des Camp des Pou del Sistema Gleda-Camp des Pou. *Espeleología en Baleares. Revista Digital de la F.B.E.*, 1-7 pp.
- Merino, A. 1993. La Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 19: 17-23.
- Mulet, G. 2013. Buscando los orígenes de Mallorca I, II, III. Exploración de las galerías subacuáticas de la Galería del Gran Cañón de la Cova des Pas de Vallgornera. *Espeleología en Baleares. Revista Digital de la F.B.E.*, 1, 2, 3. 9 pàgs.



- Mulet, G. 2014. Buscando los orígenes de Mallorca VIII, IX. Nuevo y espectacular sector descubierto en la Cova des Ases. LIC: ES5310043. *Espeleología en Baleares. Revista Digital de la F.B.E.*, 8, 9. 2 pàgs.
- Ripoll, F. i Roca, L. 1974. Algunas observaciones sobre sa Font des Verger y su funcionamiento hidrológico. *Endins*, 1: 21-24.
- Romero, M. 1975. Notícia de la Cova dels Estudiants (Sóller, Mallorca). *Endins*, 2: 35-37.
- Rosselló, V. M. i Sacarès, J. 2014. *El puig de Randa i les fonts del seu entorn*. Algaida, Ajuntament d'Algaida, 166 pàgs.
- Trias, M. 2010. Lluís Roca Ramos 1952-2010. *Endins*, 34: 7-8.
- Trias, M. i Ginés, J. 1989. Algunes noves cavitats de l'illa de Menorca. *Endins*, 14-15: 5-16.
- Trias, M. i Mir, F. 1977. Les coves de la zona de Can Frasquet – Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.
- Trias, M., Ramis, D., Riera, M., Llovera, P., Salom, J. i Riera, M. M. 2009. Noves aportacions al coneixement de la Cabrera prehistòrica (Illes Balears). *Endins*, 33: 125-138.
- Trias, M., Bover, P., Ginés, J., Gràcia, F., Palomar, B., Vadell, M. i Ruiz, F. 2014. La cova Novella de na Llebrona (Manacor, Mallorca). *Endins*, 36: 51 - 58.
- Vicens, D. i Pla, V. 2001. L'equip mallorquí d'espeleologia (EME): primer grup espeleològic mallorquí. *Endins*, 24: 113-127.
- Vicens, D., Crespi, D., Ginard, A., Gràcia, F. i Pons, G.X. 2006. Les coves litorals situades a la franja costanera entre es Mal Pas i el cap Gros (Alcúdia, Mallorca)(2a part). Troballa de restes de vell marí (*Monachus monachus*) a la cova des Fonoll Marí. *Endins*, 30: 87-100.
- Williams, I. 1991. Verbatim transcript of the Mallorca log for 1990. *Cwmbran Caving Club Journal*. 28-33.
- Williams, I. 1993. Dive Reports of the Cova dels Estudiants. Expedition 1993. *Cwmbran Caving Club Journal*. 30-33.

